

# **Análisis de la viabilidad de conectar el Área Metropolitana de Barcelona con pequeñas embarcaciones**

## **Trabajo Final de Grado**



Facultat de Nàutica de Barcelona  
Universitat Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:  
**Cristòfol Pons Vidal**

Dirigido por:  
**Francesc Xavier Martínez de Osés**

Grado en Náutica y Transporte Marítimo

Barcelona, 8 de febrero de 2017

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náuticas



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona







## Agradecimientos

En estas breves líneas me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que me han ayudado durante toda mi época como estudiante cuya culminación es el trabajo que se presenta a continuación.

En especial quiero agradecer a mis padres todo el esfuerzo realizado estos años para que yo pueda obtener un título universitario sin cuya ayuda no hubiese sido posible.

También quiero agradecer a mi hermana y abuelas su presencia y apoyo durante estos años.

Finalmente quiero agradecer al profesor Francesc Xavier Martínez de Osés, director este trabajo por su continuo seguimiento y orientación sin cuya ayuda no hubiese sido posible la realización de esta tarea.

A todos ellos, muchas gracias



## Resumen

En este proyecto se esbozan las líneas de un servicio de transporte marítimo que se desarrolle en el ámbito metropolitano de una ciudad. La ciudad escogida es Barcelona por la configuración de su región metropolitana y las posibilidades que ofrece de la explotación de una línea de transporte que una las localidades costeras más cercanas a la capital mediante pequeñas embarcaciones para así poder competir directamente con el automóvil, autobús y ferrocarril y, en la medida de lo posible, solucionar o, en su caso, disminuir los problemas derivados de la gran necesidad de movilidad en las grandes aglomeraciones urbanas.

Este tipo de líneas se engloban dentro del concepto de Ultra Short Sea Shipping derivado del Short Sea Shipping, concepto creado por la Unión Europea que fomenta el transporte marítimo para reducir el uso del transporte por carretera que tan graves problemas de contaminación ambiental y acústica produce en Europa. La similitud se halla en entender los problemas derivados del transporte por carretera en las grandes aglomeraciones urbanas y establecer una línea regular marítima que reduzca el uso masivo del automóvil que producen una gran congestión de infraestructuras.

En el proyecto se analizan los puertos que se engloban dentro del ámbito metropolitano de Barcelona así como las diferentes opciones que existen para poder formar una ruta que pueda competir con el transporte por carretera y el ferrocarril.

A pesar de que la navegación no ofrezca grandes dificultades se tienen que hallar las características más comunes entre estos puertos para disponer de buques que no requieran de características especiales para operar entre dichas instalaciones. Además, se establecen las velocidades de servicio de estas naves que obligatoriamente deben ser de alta velocidad debido a la baja velocidad de los buques convencionales en comparación con medios terrestres.

El proyecto es de carácter eminentemente náutico y no pretende en ningún momento ser un plan de empresa, sino presentar el ámbito metropolitano de Barcelona como una región que tiene las capacidades y recursos de poder desarrollar una ruta por mar como alternativa a los medios de transporte convencionales así como presentar los límites y requisitos del proyecto.

Como conclusión final se puede extraer que existen varios problemas de raíz en el sistema integrado de transportes de la región que hacen que estos sufran retrasos constantes, lo que abre una ventana de posibilidades a la vía marítima por lo que el uso de embarcaciones de alto rendimiento que igualen el tiempo de viaje entre dos localidades con el automóvil será viable.

## Abstract

This project outlines the lines of a maritime transport service that is developed in the metropolitan area of a city. The chosen city is Barcelona due to the configuration of its metropolitan region and the possibilities offered by the exploitation of a transport line that connects the coastal cities closest to Barcelona by means of small fast boats in order to be able to compete directly with a vehicle, bus and railway and, as far as possible, to solve or, if necessary, reduce the problems caused by the big demand for mobility in large urban agglomerations.

These types of lines are encircled within the concept of Ultra Short Sea Shipping, that comes from Short Sea Shipping, a concept created by the European Union that promotes maritime transport in order to reduce the use of road transport that causes serious environmental and noise pollution problems in Europe. The similarity lies in understanding the problems of road transport in large urban agglomerations and establishing a regular maritime line that reduces the massive use of the vehicles that produce a great congestion of infrastructures.

The project analyzes the ports that are included within the metropolitan area of Barcelona as well as the different options that exist to be able to form a route that can compete with the transport by highway and the railroad.

Although the navigation does not present great difficulties, the most common characteristics among these ports must be found in order to have ships that do not require special characteristics to operate between these facilities. In addition, it establishes the service speeds of these ships that must necessarily be high speed due to the low speed of the conventional ships compared to terrestrial means.

The project is eminently nautical and it does not pretend to be any business plan at all, but to present the metropolitan area of Barcelona as a region that has the capabilities and resources to develop a route by sea as an alternative to conventional means of transport as well as presenting the limits and requirements of the project.

As a final conclusion can be drawn that there are several root problems in the integrated transport system in the region that cause them to suffer constant delays which opens a window of possibilities to the seaway so the use of high performance vessels equal travel time between two locations with a vehicle will be viable.



## Índice del trabajo

Agradecimientos.....	III
Resumen .....	V
Abstract .....	VI
Listado de figuras y tablas .....	XI
 <b>Introducción.....</b>	 <b>15</b>
 <b>Capítulo 1: Visión general del Short Sea Shipping (SSS) .....</b>	 <b>17</b>
1.1.- Antecedentes al Short Sea Shipping .....	17
1.2.- Definición del Short Sea Shipping .....	19
1.3.- Ventajas e inconvenientes del Short Sea Shipping .....	21
1.4.- El Short Sea Shipping y el concepto de Autopistas del Mar.....	25
1.5.- Promoción del Short Sea Shipping .....	27
1.6.- Propuesta del Ultra Short Sea Shipping .....	28
1.7.- Características necesarias para el desarrollo de una línea de Ultra Short Sea Shipping en una región.....	30
 <b>Capítulo 2: El Ámbito Metropolitano de Barcelona.....</b>	 <b>31</b>
2.1.- El núcleo de la región: Barcelona .....	33
2.2.- Red de transportes públicos del ámbito metropolitano de Barcelona y de la ciudad de Barcelona .....	34
2.2.1.- Cercanías de ferrocarril.....	35
2.2.2.- Metro de Barcelona .....	36
2.2.3.- Tranvía (TRAM) .....	39
2.2.4.- Autobuses urbanos .....	39
2.3.- El transporte por carretera y el uso del automóvil .....	40
2.4.- Servicio Bicing.....	42
2.5.- Infraestructuras portuarias del ámbito metropolitano de Barcelona .....	43
2.6.- Evolución futura de la movilidad en el ámbito metropolitano de Barcelona....	44
2.7.- Climatología.....	46

2.7.1.- Régimen de vientos.....	48
2.8.- Problemas de contaminación.....	49
2.8.1.- Contaminación atmosférica .....	49
2.8.2.- Contaminación acústica .....	50
2.9.- Congestión en Barcelona.....	51
<b>Capítulo 3: Puertos deportivos aplicables al Ultra Short Sea Shipping.....</b>	<b>53</b>
3.1.- Puerto de Arenys de Mar .....	53
3.2.- Port Balís.....	55
3.3.- Puerto de Mataró .....	57
3.4.- Puerto de Premià de Mar .....	59
3.5.- Puerto de El Masnou .....	61
3.6.- Puerto de Badalona .....	62
3.7.- Port Fórum.....	65
3.8.- Port Olímpic.....	67
3.9.- Port Vell .....	69
3.10.- Port Ginesta.....	71
3.11.- Puerto de El Garraf .....	73
3.12.- Puerto de Sitges – Aiguadolç.....	74
3.13.- Puerto de Vilanova i la Geltrú .....	76
<b>Capítulo 4: Tipos de buques y terminales .....</b>	<b>81</b>
4.1.- Normativa aplicable a los buques de alta velocidad .....	81
4.2.- Buques de semidesplazamiento.....	83
4.3.- Buques de efecto superficie .....	84
4.4.- Buques hidroala.....	86
4.5.- El proyecto SF-Breeze.....	88
4.6.- Instalaciones necesarias para la operación de buques de alta velocidad .....	90

<b>Capítulo 5: Propuesta de línea .....</b>	<b>93</b>
5.1.- Elección de puertos .....	93
5.2.- Tipos de buques elegibles para una línea de USSS en Barcelona .....	96
5.2.1.- <i>Espalmador Jet</i> .....	97
5.2.2.- Boeing 929 .....	98
5.2.3.- <i>Blue Water Express</i> .....	100
5.2.4.- Foilmaster HSC .....	101
5.2.5.- SF-Breeze.....	102
5.3.- Propuesta de línea de USSS en el ámbito metropolitano de Barcelona y combinación con medios de transporte terrestres.....	103
5.3.1.- Combinación con medios de transporte terrestres.....	106
 <b>Conclusiones y visión futura .....</b>	 <b>109</b>
 Bibliografía.....	 111
Webgrafía .....	112



## Listado de figuras y tablas

**Figura 1:** Crecimiento de los modos de transporte en Europa entre los años 1995 y

2004 en Tm/Km ..... 19

**Figura 2:** Comparativa de la ruta Montoir – Gijón por vía marítima y por vía terrestre 20

**Figura 3:** Comparación de la eficiencia energética entre medios de transporte

terrestres y marítimos ..... 21

**Figura 4:** Comparación de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre diversos tipos de buques y el

transporte por carretera y aéreo..... 22

**Figura 5:** Comparación de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre diversos tipos de buques y el

transporte por carretera y ferrocarril..... 24

**Figura 6:** Comparación de emisiones de gases contaminantes que generan los

diferentes modos de transporte..... 25

**Figura 7:** Integración de las Autopistas del Mar en la red TEN-T ..... 27

**Figura 8:** Comarcas que engloban el Ámbito Metropolitano de Barcelona y El Garraf. 32

**Figura 9:** Distritos de Barcelona ..... 33

**Figura 10:** Red integrada de cercanías, metro de Barcelona y TRAM..... 38

**Figura 11:** Desplazamientos en día laborable dentro de la región metropolitana de

Barcelona ..... 40

**Figura 12:** Mapa de las estaciones de Bicing (rojo) y Bicing eléctrico (azul)..... 43

**Figura 13:** Puertos deportivos del ámbito metropolitano de Barcelona ..... 44

**Figura 14:** Comparación del modelo actual con el modelo de supermanzanas ..... 45

**Figura 15:** Climogramas correspondientes al Aeropuerto de Barcelona y al

Observatorio Can Bruixa de los períodos 1980 – 2010 y 1984 – 2010..... 48

<b>Figura 16:</b> Contaminación atmosférica en Barcelona, fotografía tomada en agosto de 2015 .....	50
<b>Figura 17:</b> Mapa de ruido de Barcelona .....	51
<b>Figura 18:</b> Portulano del puerto de Arenys de Mar con la disposición de sus ayudas a la navegación .....	55
<b>Figura 19:</b> Portulano del Port Balís con la disposición de sus ayudas a la navegación ..	57
<b>Figura 20:</b> Puerto de Mataró y situación de las farolas en la bocana .....	58
<b>Figura 21:</b> Disposición del puerto de Premià de Mar y sus farolas .....	60
<b>Figura 22:</b> Portulano del Puerto de El Masnou .....	62
<b>Figura 23:</b> Disposición de las ayudas a la navegación en el puerto de Badalona .....	64
<b>Figura 24:</b> Portulano del Port Fórum.....	66
<b>Figura 25:</b> Mapa del Port Olímpic.....	69
<b>Figura 26:</b> Vista aérea del Puerto de Barcelona .....	71
<b>Figura 27:</b> Portulano de Port Ginesta y disposición de luces .....	73
<b>Figura 28:</b> Portulano del puerto de El Garraf .....	74
<b>Figura 29:</b> Puerto de Sitges y su entorno .....	75
<b>Figura 30:</b> Portulano del puerto de Vilanova i la Geltrú .....	78
<b>Figura 31:</b> Buque monocasco “Alcántara” y catamarán “Milenium” de Trasmediterránea .....	84
<b>Figura 32:</b> Principio de funcionamiento de los buques de efecto superficie.....	85
<b>Figura 33:</b> Hidroala de Forlanini, 1906 .....	87
<b>Figura 34:</b> Hidroalas de diferentes generaciones: uno con sistema de propulsión por ejes y otro mediante waterjets.....	88

<b>Figura 35:</b> Diseño conceptual del SF-BREEZE .....	90
<b>Figura 36:</b> Medios de embarque y desembarque para embarcaciones de pasaje de pequeña eslora .....	91
<b>Figura 37:</b> Espalmador Jet tomado por su amura de babor.....	98
<b>Figura 38:</b> Sistema de propulsión del Jet-Foil .....	99
<b>Figura 39:</b> Jet-Foil “Princesa Dácil” entrando en puerto.....	100
<b>Figura 40:</b> Blue Water Express VII .....	101
<b>Figura 41:</b> Hidroala Adriana M de Ustica Lines .....	101
<b>Figura 42:</b> Ejemplo de la ruta Norte (Buque 1) .....	104
<b>Figura 43:</b> Ejemplo de la ruta Norte (Buque 2) .....	104
<b>Figura 44:</b> Ejemplo de la ruta Sur .....	105
<b>Tabla 1:</b> Población, superficie y densidad de población de las comarcas del Ámbito Metropolitano de Barcelona .....	32
<b>Tabla 2:</b> Resumen de las principales características de interés de los puertos de la región metropolitana de Barcelona .....	79
<b>Tabla 3:</b> Distancia entre puertos de la región metropolitana de Barcelona. Distancias en millas náuticas .....	80





## Introducción

Desde que los pueblos prehistóricos construyeron por vez primera artefactos capaces de flotar y moverse en el agua y les dio una utilidad comercial como la pesca o el transporte de mercancías, el sector marítimo no ha dejado de crecer y crecer. Un ejemplo de ello está en las primeras grandes civilizaciones que fueron capaces de dominar el arte de la navegación. Como ejemplo de ello los fenicios y los romanos dominaron el comercio por lo que fueron capaces de expandirse hasta límites inimaginables para la época. Es por ello que el transporte por mar ha llegado a ser tan importante en el mundo y en la actualidad no somos capaces de entenderlo sin él. Sin duda podemos afirmar que la historia de la navegación es también la historia de la humanidad.

En los últimos siglos, el mundo ha sufrido un desarrollo tecnológico que ha crecido a ritmo exponencial por lo que los medios de transporte han tenido que adaptarse a estos cambios y continuamente se ha buscado renovarlos por medios más eficientes, sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. El uso del transporte terrestre en Europa ha perdido gran parte de su interés político desde que empezó el nuevo milenio. Pese a que es el principal medio de transporte de pasajeros a nivel mundial, los continuos problemas de seguridad vial, contaminación atmosférica y gastos en infraestructuras además de la subida de precios del petróleo desde que comenzó la crisis económica mundial en 2008, han hecho que la mayoría de gobiernos europeos empiecen a buscar alternativas más sostenibles y menos degradantes del medio ambiente por lo que se ha pasado de una época en la que todo era posible mediante el petróleo y la quema de combustibles fósiles a una época en la que la austeridad y la sostenibilidad han cobrado mucha fuerza.

Este trabajo se basa en esto; en demostrar, que a pesar de que el transporte marítimo en muy cortas distancias muestra más sus desventajas que sus ventajas, sobre todo si hablamos de comodidades tales como la velocidad y disponibilidad, dependiendo de la zona geográfica en la que nos encontremos y de las infraestructuras disponibles, es posible minimizar los inconvenientes y maximizar sus virtudes.

Al elegir el tema del trabajo, siempre pensé en realizar un proyecto que pudiese tener continuidad en el futuro y que me ayudara a conocer mejor cuan versátil es el transporte marítimo, algo, a veces, difícil de comprender por la cantidad de factores que lo influyen.

Los objetivos principales del trabajo son:

- Dar a conocer una nueva estrategia para mejorar el transporte de pasajeros por mar y mejorar a la vez su competitividad en distancias muy cortas frente al transporte por carretera y el transporte por ferrocarril<sup>1</sup>.
- Sentar las bases para la propuesta de un proyecto destinado a la conexión de los puertos deportivos más cercanos a la ciudad de Barcelona mediante buques o embarcaciones de pequeño porte destinados/as al transporte de pasajeros y/o mercancías entre dichos puertos.
- Estudiar la implantación de un nuevo tipo de transporte marítimo, el Ultra Short Sea Shipping y su capacidad de adaptación e integración con los servicios de transporte público presentes en el ámbito metropolitano de Barcelona.

El análisis se desarrollará desde un punto de vista eminentemente náutico ya que se estudiará la viabilidad del proyecto en el ámbito metropolitano de Barcelona tal y como está configurado actualmente. Es por ello que en ningún momento queremos convertir este trabajo en un plan de empresa o un estudio de viabilidad económica ya que al ser un proyecto nuevo para el entorno metropolitano de Barcelona, creemos que el paso previo a los estudios económicos es el análisis por parte del sector (náutico) en el que se desarrollará el proyecto.

Se intentará dar conocimiento de la situación actual de las infraestructuras de la región metropolitana así de cómo sacarles su máximo rendimiento para que el tipo de servicio que se vaya a prestar pueda ser lo más sostenible posible con el medio ambiente.

La metodología seguida en este trabajo se basa en el análisis de las infraestructuras y datos disponibles del ámbito metropolitano de Barcelona. Por lo tanto este trabajo está basado en hipótesis e interpretaciones que se desprenden del análisis de estos datos, expuestos en los capítulos 1, 2 y 3 de la memoria.

---

<sup>1</sup> En este trabajo no se comparará el transporte marítimo con el transporte aéreo debido a su elevadísimo coste ambiental y económico. Además, el transporte aéreo en Barcelona solamente se utiliza para servicios de emergencia y empresas turísticas cuyas actividades no vamos a asociar a este trabajo.

# Capítulo 1: Visión general del Short Sea Shipping (SSS)

## 1.1.- Antecedentes al Short Sea Shipping

Para comprender el concepto de Short Sea Shipping (SSS) o Transporte Marítimo de Corta Distancia (TMCD) hay que empezar recordando la gran cantidad de buques y embarcaciones que desde siglos atrás se dedicaban al transporte de pequeñas cantidades de mercancías entre puertos del litoral mediterráneo. Esta navegación era conocida como navegación de cabotaje. El nombre de cabotaje viene dado por el modo de navegación ya que los buques se situaban por los cabos geográficos con lo que la navegación se realizaba de cabo a cabo. Este tipo de transporte fue muy efectivo durante muchos siglos pero con la invención del automóvil a finales del siglo XIX y la facilidad y rapidez que ofrecía éste frente a la vía marítima hizo que, junto con la apertura de muchas fronteras, sobretudo en Europa, y la firma de tratados de libre comercio, el cabotaje dejara de ser efectivo y rentable por la poca velocidad que ofrecía.

En los años 80 empezaron a congestionarse los medios de transporte terrestres por lo que perdieron una cierta competitividad en una época en la que el desarrollo sostenible de un medio de transporte no era fundamental pero a medida que avanzaban los años el transporte de mercancías y pasajeros fue aumentando de manera sustancial (entre un 80% y un 120% dependiendo de la región) aumentando los niveles de congestión y contaminación en los grandes núcleos de población.

Desde mediados de los años 90 se empezó a buscar activamente una alternativa sostenible al uso del transporte por carretera. La solución sólo la podía ofrecer el transporte marítimo.

En 1995 la Comisión Europea elaboró una Comunicación<sup>2</sup> con la que se inició un proceso de fomento del transporte de mercancías y pasajeros por vía marítima. El principal objetivo era incrementar el peso del transporte marítimo en el mercado europeo e instaurar un servicio de transporte rápido, eficaz y sostenible.

Tras ese informe inicial, en 1997 se presentó un informe de aplicación al que siguió otro más completo en 1999<sup>3</sup> en el cual se empezaban a esbozar los obstáculos que debía salvar el SSS para ser competitivo en el futuro. Además se planteaba también una promoción a todos los niveles tanto nacional como regional.

---

<sup>2</sup> COM (1995) 317 final. Comisión Europea, 1995.

<sup>3</sup> COM (1995) 317 final. Comisión Europea, 1999.

Con la adhesión de nuevos estados a la Unión Europea durante la década de los 90, se consigue una mayor cohesión entre estados miembros, que, junto con la apertura de fronteras, facilitan el comercio entre estos por lo que los flujos de transporte por carretera se incrementan rápidamente con el paso de los años. Es por ello que al comenzar el nuevo milenio se presentan nuevos retos que salvar en materia de transportes y es necesario un nuevo modelo de transporte que mejore la accesibilidad de las regiones periféricas e insulares y reduzca la congestión viaria.

Es por ello que se publica en el año 2001 el *Libro Blanco de la Comisión sobre la política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*. Esta publicación fue la primera en la que se fijaron una serie de objetivos para la promoción del SSS como medio de transporte sostenible y realmente competitivo. En esa nueva política de transportes se pretendía descongestionar los transportes terrestres, sobre todo el transporte por carretera y desviar parte de su carga de trabajo a la vía marítima. Asimismo, se introduce por primera vez el concepto de Autopistas del Mar que se entiende como un enlace entre puertos de la Unión Europea que pueda competir en tiempo y costes con el transporte terrestre.

Al año siguiente, en 2002, tuvo lugar, en Gijón, una reunión de todos los ministros de transportes de los países integrantes de la Unión Europea cuyo tema exclusivo fue el transporte marítimo de corta distancia. Como producto de este encuentro la Comisión Europea preparó un programa de fomento del transporte marítimo de corta distancia en el cual se expusieron una serie de medidas para poder salvar los obstáculos que se presentaron en el informe de 1999 y así poder alcanzar los objetivos propuestos.

Como resultado, entre 1995 y 2004<sup>4</sup>, hubo un incremento del 39% de las toneladas por kilómetro transportadas por vía marítima mientras que el transporte por carretera alcanzó una evolución del 35%. En base a estos datos, son los dos sistemas de transporte que más crecieron en ese período. En la figura 1 se muestra el crecimiento que tuvieron los distintos medios de transporte durante ese período.

El *Libro Blanco de la Comisión sobre la política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad* se vio complementado el año 2006 con su revisión a medio plazo y el *Libro Verde de la Comisión* con el que se pretendía desarrollar una verdadera política energética de ámbito europeo que derive en una tarificación equitativa y eficaz del transporte.

<sup>4</sup> En ese año se publica una primera comunicación sobre los avances conseguidos desde 1999. Comisión Europea COM (2006) 380 final.

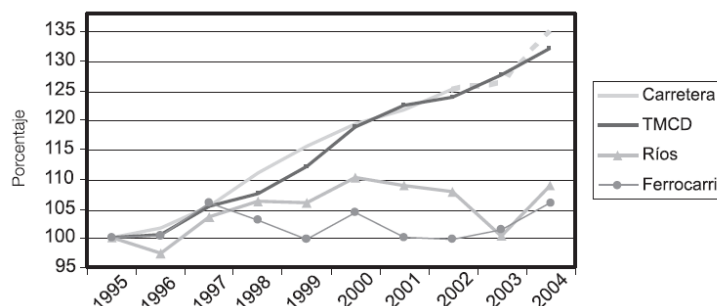


Figura 1: Crecimiento de los modos de transporte en Europa entre los años 1995 y 2004 en Tm/Km

Fuente: Comisión Europea COM (2006) 380 final

## 1.2.- Definición del Short Sea Shipping

A pesar de la implantación de servicios de transporte marítimo de corta distancia alrededor del mundo, se toman como referencia los esfuerzos de la Unión Europea para el fomento de esta modalidad de transporte en aras de preservar la sostenibilidad de los transportes y frenar la contaminación producida por las elevadas emisiones de gases contaminantes.

Oficialmente, el Short Sea Shipping se define como *el transporte por mar de mercancías y pasajeros entre puertos situados geográficamente en Europa o entre estos puertos y puertos situados en países no europeos ribereños de los mares cerrados que rodean Europa*<sup>5</sup>. Por lo tanto es aquel transporte marítimo que no implica una navegación oceánica<sup>6</sup>.

De esta definición derivan tres tipos de transporte marítimo de corta distancia según los tipos de buques y la vía de navegación que utilicen:

- Transporte de carga rodada: Usualmente prestan servicios de líneas regulares entre puertos de países miembros y entre puertos continentales e insulares.
- Transporte de carga general o por contenedor: Pueden ser servicios de línea regular o servicios Tramp.
- Tráfico interior por ríos, lagos o canales.

Sin embargo, y ateniéndonos al uso práctico del término Short Sea Shipping, no se limitaría a sólo el hecho de transportar mercancías o personas por vía marítima sino que forma parte de una cadena marítimo terrestre en la cual se combina el uso de un determinado modo de transporte para cada fase del mismo creando lo que se llama transporte intermodal aprovechando en gran medida las ventajas que puede ofrecer

<sup>5</sup> Definición dada en el *Libro Blanco de la Comisión sobre la política europea de transportes de cara al 2010*.

<sup>6</sup> COM (1995) 317 final. Comisión Europea.

cada modo de transporte en cada determinada fase del viaje para alcanzar una combinación ágil, rápida, económica y competitiva a la vez.

Tal y como está definido el concepto, el Short Sea Shipping puede incluir tanto servicios a nivel nacional (entre islas o entre puertos de un mismo estado) como a nivel internacional siempre dentro del alcance de la Unión Europea y países como Noruega e Islandia, dos países que aunque no miembros de la Unión están dentro del marco económico del continente europeo. Por lo tanto el concepto de Short Sea Shipping va ligado estrictamente a Europa.

Un claro ejemplo de Short Sea Shipping es la línea regular entre el puerto de Montoir en Saint-Nazaire y Gijón. Se aprecia en la imagen inferior la comparativa entre el uso del transporte marítimo o realizar todo el trayecto por carretera cuyo ahorro de tiempo supone 10 horas de trayecto. Además la ruta permite alcanzar uno de los objetivos del Short Sea Shipping que es formar parte de una cadena de servicios de transporte intermodal puerta a puerta ya que permite alcanzar ciudades importantes como Madrid o París en un tiempo mucho menor que si solamente se utilizase la carretera como medio de transporte configurando una solución de transporte extremadamente competitiva.



Figura 2: Comparativa de la ruta Montoir – Gijón por vía marítima y por vía terrestre

Fuente: <http://fr.turismo.gijon.es/>

### 1.3.- Ventajas e inconvenientes del Short Sea Shipping

El Short Sea Shipping ofrece una serie de ventajas que lo convierten en una de las grandes apuestas de futuro en materia de transporte de personas o mercancías. En muchas de estos puntos el Short Sea Shipping y el transporte marítimo a nivel global compartirán la mayoría de sus características al moverse ambos en vías navegables.

**Mayor eficiencia energética:** La eficiencia energética mide el combustible necesario para transportar una tonelada de carga por kilómetro recorrido. En este apartado el transporte marítimo es el más eficiente del mundo. Dependiendo del tipo de buque, puede llegar a ser entre 2 y 5 veces más eficiente que si esa misma carga se transportara por carretera. El uso del SSS en una cadena de transporte puede ayudar a cumplir con los objetivos comunitarios en materia de eficiencia energética y uso de combustibles fósiles.

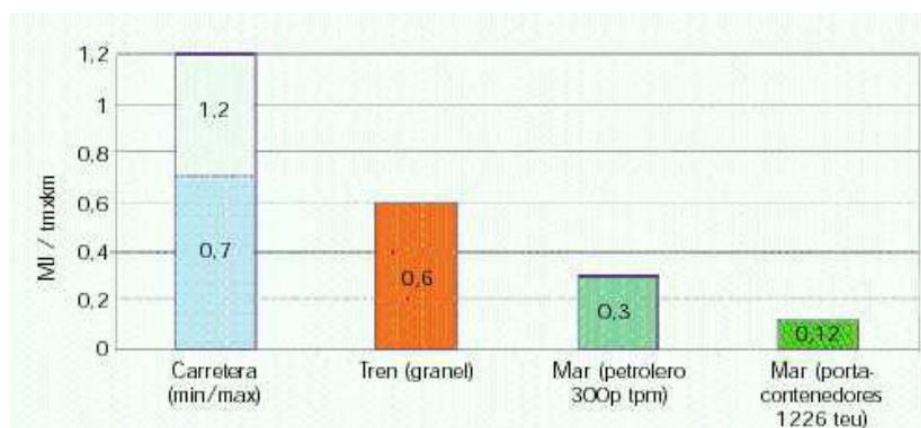


Figura 3: Comparación de la eficiencia energética entre medios de transporte terrestres y marítimos

Fuente: DGTREN (actual DGMOVE)

**Menor congestión de sus infraestructuras:** En las vías marítimas no existe la congestión. Todos los buques pueden navegar desde un puerto A a un puerto B sin necesidad de reducir su velocidad debido a una gran cantidad de tráfico en una zona determinada. La única excepción es si su ruta pasa por un canal como los de Suez o Panamá en los que los buques entran por convoyes o turnos. A pesar de ello sólo existe cierto grado de congestión en algunos canales o entradas a puerto que en comparación con el transporte por carretera, ferroviario y aéreo están limitados por el tamaño de sus infraestructuras acentuándose el problema en las grandes ciudades.

**Favorece el descanso de los conductores:** En el caso de que el transporte por vía marítima se realice mediante buques tipo Ro-Ro o Ro-Pax, existe una ventaja añadida que es el descanso del conductor del camión. Según el Reglamento CE 561/2006 del Consejo relativo al aparato de control en el sector de los transportes por carretera, todo conductor profesional no puede conducir más de 9 horas diarias con dos



excepciones por semana en las que se puede alcanzar las 10 horas. Además de ello cada 4 horas y media de conducción, el conductor debe descansar 45 minutos sin interrupción. El transporte por vía marítima permite al conductor descansar largos períodos de tiempo por lo que tras desembarcar del buque el camión o autobús puede avanzar sin necesidad de parar a descansar hasta 4 horas y media lo que significa unos 400 kilómetros de autonomía. Teniendo en cuenta que el Short Sea Shipping está pensado como un servicio de transporte puerta a puerta, la distancia entre el puerto y el destino de la mercancía en muchos casos será menor de 400 kilómetros.

**Menor emisión de gases de efecto invernadero:** Esta cualidad está relacionada con el primer punto que se ha tratado. El transporte marítimo, al ser un medio de transporte cuya eficiencia energética es muy superior a la de los demás medios, es también el modo de transporte que más respeta el medio ambiente al ser responsable de un 2,2%<sup>7</sup> (dato de 2012) de las emisiones producidas por todos los medios de transporte a nivel mundial.

Si tomamos una media de 5,6 gramos de CO<sub>2</sub> por tonelada transportada por kilómetro de entre los tres buques que se presentan en la imagen inferior, observamos que el transporte marítimo emite 14 veces menos de CO<sub>2</sub> que el transporte por carretera y hasta 78 veces menos que el transporte aéreo.

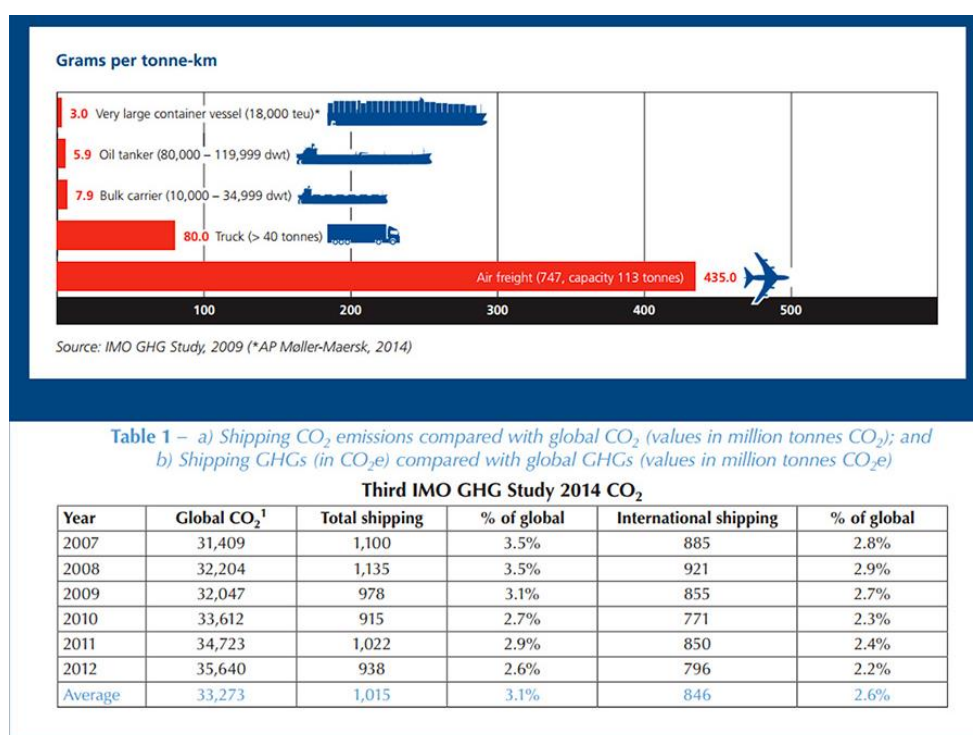


Figura 4: Comparación de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre diversos tipos de buques y el transporte por carretera y aéreo

Fuente: <http://www.ics-shipping.org/>

<sup>7</sup> Third IMO GHG Study 2014 CO<sub>2</sub>.



En el caso del transporte por ferrocarril las emisiones pueden ser muy elevadas o muy bajas dependiendo del tipo de locomotora que se utilice. En locomotoras diésel y eléctricas alimentadas por centrales térmicas que utilicen combustible fósiles para la generación de electricidad, las emisiones estarán claramente por encima de los datos del transporte marítimo. En cambio si las locomotoras son eléctricas pero su fuente de alimentación proviene de centrales eléctricas que hacen uso de energías renovables, las emisiones serán más competitivas incluso que en el transporte marítimo.

Mayor seguridad: El índice de siniestralidad del transporte marítimo en comparación a los demás medios de transporte es muy bajo. El transporte por carretera produce el 95% de las víctimas mortales en accidentes de transporte. En este aspecto el transporte por carretera no tiene rival con más de 100 víctimas mortales por cada 100 millones de pasajeros por kilómetro mientras que en el transporte por ferrocarril esta tasa baja hasta 38 y en el transporte marítimo es de 1,4<sup>8</sup>.

Este dato es incluso menor en el transporte aéreo ya que se declara menos de una víctima mortal por cada 10 millones de pasajeros (sin tener en cuenta los kilómetros recorridos) lo que lo convierte en el transporte más seguro del mundo. Sin embargo, a pesar de la menor siniestralidad del transporte aéreo, la principal ventaja que tiene el transporte marítimo es que un accidente de aviación tiene unas consecuencias mucho más devastadoras mientras que en un buque de pasaje la posibilidad de salvación es mucho mayor al disponer de medios suficientes para la evacuación segura y rápida.

Mayor grado de internalización de costes externos: La combinación de las ventajas enumeradas en este apartado, da como resultado la internalización de los costes externos. Cualquier medio de transporte genera ciertos costes externos que derivan de su actividad que no se pueden trasladar a los usuarios (no se les puede hacer pagar por ello). Estos costes son difíciles de cuantificar matemáticamente pero su importancia es máxima ya que de ello deriva la competitividad de la industria marítima. Tres ejemplos son la saturación de las infraestructuras, la siniestralidad del medio de transporte y la contaminación ambiental.

---

<sup>8</sup> Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte.

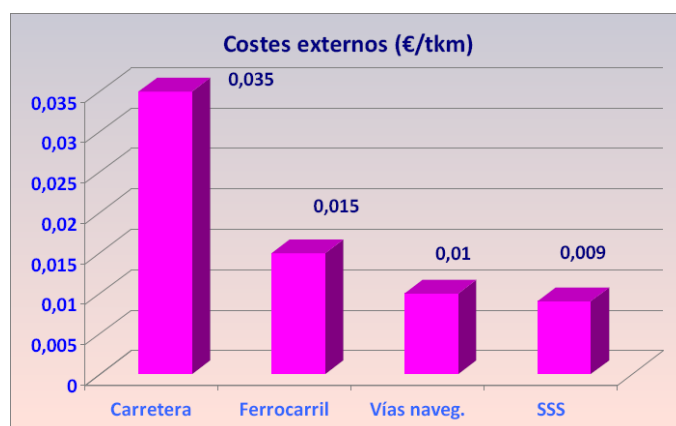


Figura 5: Comparación de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre diversos tipos de buques y el transporte por carretera y ferrocarril

Fuente: Escola Europea del Short Sea Shipping

Una vez analizadas las ventajas del transporte marítimo de corta distancia, a continuación analizaremos las principales desventajas y problemas que presenta este modo de transporte.

**Mayor coste para el inicio de un servicio:** Es una de las mayores desventajas y tiene dos vertientes, el medio de transporte y la infraestructura necesaria.

El primer problema es que la compra o fletamento de un buque tiene un coste mucho mayor que la compra o alquiler de un camión o camioneta. El segundo problema son las infraestructuras portuarias que tienen que ser pagadas por los navieros mientras que las infraestructuras terrestres, en la mayoría, son financiadas por los estados.

**Complejidad multimodal:** El transporte marítimo es un medio de transporte que, por su naturaleza, le es prácticamente imposible realizar un servicio puerta a puerta ya que siempre depende del transporte por carretera. Ello implica que el Short Sea Shipping sólo puede cubrir un tramo de una cadena de transporte multimodal y que en el momento de la carga o descarga en puerto, la mercancía tendrá que ser transportada hasta su destino final mediante un transporte por vía terrestre.

Es por ello que en la actualidad los operadores, para ofrecer un servicio íntegro puerta a puerta, necesitan de un transitario entre el vendedor y el comprador llegando a una cadena de transporte multimodal que, dependiendo del producto y medios de transporte a utilizar, será de gran complejidad.

**Poca flexibilidad de destinos:** Uno de los problemas más evidentes del transporte marítimo frente al transporte por carretera o por aire es la poca flexibilidad de los destinos que puede ofrecer. Mientras un camión o un helicóptero pueden llegar prácticamente hasta cualquier rincón del mundo (salvo destinos insulares o transoceánicos), un buque necesita de unas mínimas infraestructuras de seguridad

donde amarrar y efectuar sus operaciones con seguridad, algo que solamente se puede conseguir en un puerto. Además de esto están las líneas regulares de carga que están sujetas a unos horarios. Estos horarios se pueden modificar para ganar flexibilidad pero puede que ello aumente el coste del transporte.

Emisiones de NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>: Si en el apartado de las ventajas que ofrece el Short Sea Shipping hemos mencionado que el transporte marítimo es el medio de transporte que menos emisiones produce de gases de efecto invernadero, esta tendencia se invierte en el caso de emisión de otros gases contaminantes como los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) o el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Este último es extremadamente peligroso ya que al condensarse con el vapor de agua presente en la atmósfera, genera ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) que al precipitar produce el fenómeno conocido como lluvia ácida. En la actualidad, mediante actualizaciones del Anexo VI del Convenio MARPOL, se ha conseguido rebajar el contenido de azufre en los hidrocarburos a un 3,5% en mar abierto y un 0,1% en zonas de control de emisiones. En los próximos años el contenido de azufre en los combustibles usados en navegación en mar abierto se reducirá progresivamente hasta alcanzar el 0,5% en 2020.

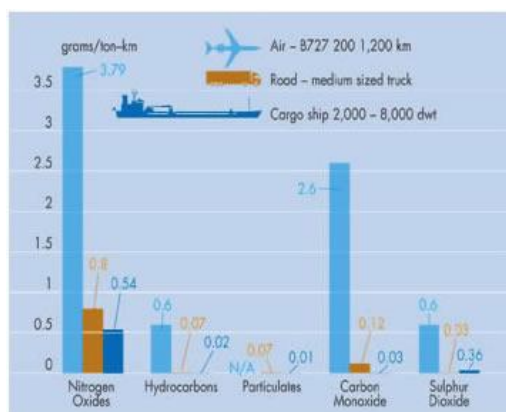


Figura 6: Comparación de emisiones de gases contaminantes que generan los diferentes modos de transporte

Fuente: Swedish Network for Transport and the Environment

#### 1.4.- El Short Sea Shipping y el concepto de Autopistas del Mar

Como se ha indicado en el apartado de “Antecedentes al Short Sea Shipping”, el concepto de Autopistas del Mar se presentó en el *Libro Blanco de la Comisión sobre la política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*. No hay una definición exacta de Autopista del Mar por lo que siempre hablaremos de “concepto” para referirnos a ello. Con este nuevo modelo se pretende resolver significativamente el problema que se ha ido desarrollando desde los primeros años del siglo XX con el incremento del transporte por carretera.

Las Autopistas del Mar son una serie de servicios de transporte marítimo de corta distancia integrados en una cadena logística puerta a puerta que concentran grandes flujos de carga por vía marítima. Estas conexiones pretenden eludir y reducir la congestión formada en las carreteras de la red transeuropea de transporte (TEN-T) con mayor densidad de tráfico que conectan y permiten el comercio entre países de la Unión.

Las Autopistas del Mar quedaron integradas dentro de la red TEN-T en el año 2004 mediante la adopción del artículo 12 de la Decisión 884/2004/CE del Parlamento y Consejo Europeo. Su estructura actual es la siguiente:

- Autopista del Mar Báltico: Une a los países miembros del Báltico con los del centro y Oeste. Incluye una ruta a través del Canal del Mar Báltico conectando con el Mar del Norte.
- Autopista del Mar del Oeste europeo: Conecta puertos de la fachada atlántica de la Península Ibérica y puertos situados en el Mar del Norte y el Mar de Irlanda.
- Autopista del Mar del Sur-Este europeo: Establecida en el Mar Mediterráneo conecta los puertos del Mar Adriático con el Mar Jónico, Grecia y Chipre.
- Autopista del Mar del Sur-Oeste europeo: Establecida igualmente en el Mediterráneo, une puertos de España, Francia, Italia y Malta. Coincide con la Autopista del Mar del Sur-Este europeo en el Mar Jónico.

La red se caracteriza básicamente por ofrecer servicios de corta distancia (recordemos que estamos hablando de servicios de Short Sea Shipping) y de alta frecuencia. La primera viene dada por las características geográficas del continente europeo que son ideales para el desarrollo de este tipo de transporte<sup>9</sup>. La segunda, la alta frecuencia, es posible porque en estos servicios existe una gran competencia entre compañías navieras provocando que se destinen una gran cantidad de buques a cubrir estas líneas lo que hace que las menos transitadas tengan una frecuencia elevada (uno o dos servicios a la semana dependiendo de la época del año) en comparación a otros tipos de transporte. Sin esta oferta sería muy difícil competir con el transporte por carretera o con el ferrocarril.

Las facilidades administrativas y aduaneras y la disponibilidad de equipos de manipulación de la carga en puerto permiten una gran agilidad en el sistema permitiendo a los buques reducir sus estancias en puerto y aumentando la competitividad del sector en Europa.

---

<sup>9</sup> Un tramo de una Autopista del Mar debe cubrir una distancia de al menos 450 millas para que pueda ser viable y rentable económicamente.

En la actualidad, a pesar de que ya están muy bien establecidas en la red transeuropea de transporte (RTE-T), siguen en continuo crecimiento y se espera que en 2020 la red se haya extendido de tal forma que todos los principales puertos europeos queden conectados por vía marítima ayudando a la cohesión y conexión de los países más periféricos a la UE.

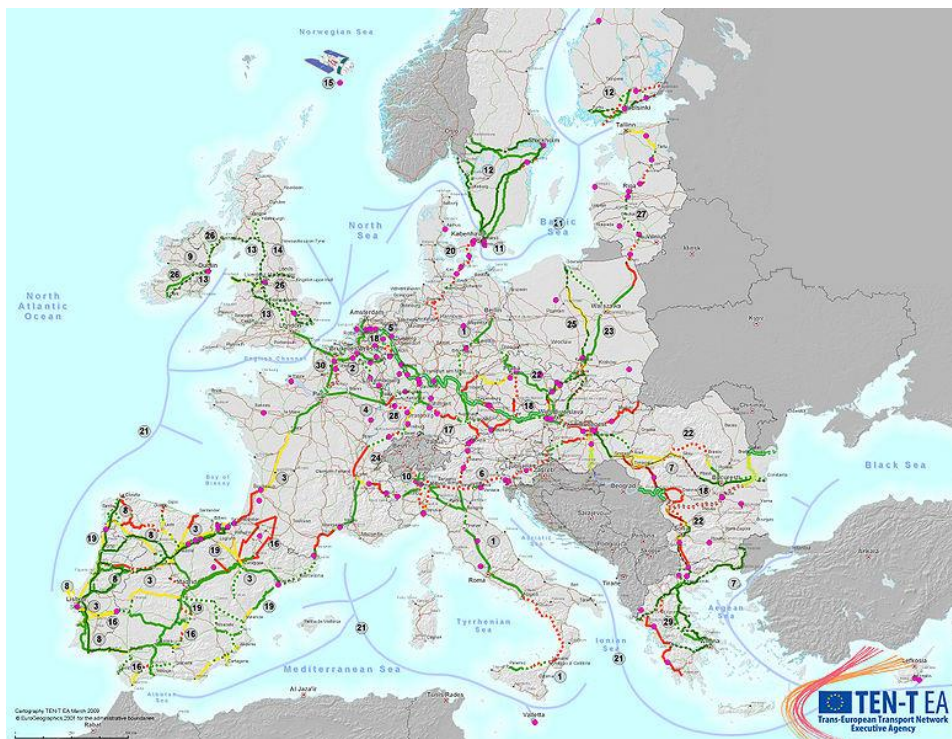


Figura 7: Integración de las Autopistas del Mar en la red TEN-T  
Fuente: <http://reunificaciondecastilla.blogspot.com.es/>

## 1.5.- Promoción del Short Sea Shipping

Para que este concepto pueda ser llevado a la práctica requiere una promoción por parte de la Unión Europea, lo cual se llevó a cabo en los años 90 mediante los programas PACT (Pilot Actions for Combined Transport) y en los años 2000 y 2010 mediante los programas Marco Polo y Marco Polo II.

Los PACT fueron unos programas comunitarios los cuales tenían como objetivo crear una serie de proyectos que fomentaran una mayor utilización del transporte intermodal favoreciendo el uso de nuevas tecnologías y mejorando las ofertas para este tipo de transporte. Una parte muy importante de estos proyectos fue la incorporación de la vía navegable o marítima a las cadenas intermodales de transporte cuando el recorrido entre origen y destino fueran superiores a 100 kilómetros en línea recta. Estos programas piloto fueron propuestos por empresas del sector que recibían una ayuda por parte de la UE para llevarlos a cabo. Los proyectos PACT comenzaron a

promoverse en 1997 y se extendieron hasta el año 2001 cuando se dieron por finalizadas las ayudas.

La continuación de los PACT se llevó a cabo mediante el programa Marco Polo que entró en vigor en 2003. El programa Marco Polo fue propuesto tras la publicación del *Libro Blanco de la Comisión sobre la política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*. Los objetivos de este programa fueron: reducir la congestión y mejorar el comportamiento medioambiental del sistema de transporte intermodal, contribuyendo a la creación de un sistema de transporte eficaz y sostenible, que aporte un valor añadido al conjunto de la Unión Europea (UE), sin repercusiones negativas en la cohesión económica, social o territorial. Como consiguiente, tal y como se explica en los apartados anteriores, el Short Sea Shipping es una pieza fundamental ya que es sin lugar a dudas el medio de transporte más sostenible en comparación con los medios terrestres. Su alcance fue tal que se estimó que por cada euro invertido en el programa Marco Polo, éste generaría 6 euros en beneficios sociales y ambientales<sup>10</sup>.

El Marco Polo tuvo un gran éxito y en 2006 se dio por finalizado. Como continuación, el programa Marco Polo II puesto en marcha en 2007 y estuvo operativo hasta 2013.

Este nuevo programa recogió los mismos objetivos de su predecesor pero con un ámbito geográfico más amplio ya que implicó las relaciones comerciales entre países miembros de la UE y países no miembros. Fomentó el concepto de Autopistas del Mar, un pilar importante en el Short Sea Shipping, y transfirió 21.900 millones de toneladas por kilómetro de mercancías transportadas por vía terrestre a la vía marítima y ferrocarril.

## 1.6.- Propuesta del Ultra Short Sea Shipping

La propuesta del Ultra Short Sea Shipping (USSS) se basa en la aplicación del concepto de Short Sea Shipping, considerado a nivel continental, al ámbito metropolitano de una ciudad con acceso al mar. La propuesta consiste en el uso del transporte marítimo como servicio de transporte interurbano sostenible y de calidad.

Las equivalencias que se establecen son las siguientes:

- El ámbito metropolitano se considera el “continente”.
- Los puertos o embarcaderos cercanos a la ciudad principal se consideran los puntos entre los cuales se establece el servicio.
- Las distancias a recorrer se adaptan al tamaño del área metropolitana por lo que hay un acortamiento de las Autopistas del Mar.

---

<sup>10</sup> <http://www.efta.int/>



- La alta frecuencia se mantiene pasando a realizar varios viajes en un mismo día.

La idea principal consiste en la integración de una serie de rutas de transporte marítimo de alta frecuencia en los servicios de transporte público del área metropolitana de una ciudad.

Teniendo en cuenta que un servicio de USSS se desarrollará en una gran aglomeración urbana, a continuación se explican ciertos problemas que genera el uso de los distintos medios de transporte en estas regiones:

1. El uso masivo del automóvil particular como medio de transporte como sistema rápido y cómodo provoca grandes congestiones en ciertas horas del día cuando la población entra a la ciudad para ir al trabajo o cuando sale del mismo.
2. Gran contaminación provocada por el uso intensivo de combustibles fósiles para transportes o generación de energía.
3. A mayor densidad de tráfico en las carreteras mayor es la posibilidad de padecer accidentes de tráfico.
4. Necesidad de construir nuevas infraestructuras, ampliar o realizar mantenimiento a las existentes generando problemas de congestión y degradación del paisaje.

El Ultra Short Sea Shipping tiene la capacidad de responder a estos problemas del transporte:

- Evita la congestión, en los puertos o embarcaderos de pequeño tamaño no hay congestión por lo que no hay espera.
- Ayuda a la disminución del caudal de tránsito en las carreteras.
- Evita la necesidad de plazas de estacionamiento para vehículos, factor muy importante en ciertas horas del día generalmente por la mañana.
- No hay necesidad de construcción de nuevas infraestructuras por lo que no hay degradación del paisaje por lo que se aprovechan las infraestructuras existentes. Como única infraestructura a construir puede ser necesario, según el tipo de buque, una escalera por donde el pasaje pueda embarcar con comodidad.
- Se trata de un servicio de transporte marítimo por lo que el buque estará manejado por profesionales del sector con conocimientos adecuados y con amplias medidas de seguridad.
- Posibilita la combinación del servicio de USSS con otros servicios de transporte público.

## 1.7.- Características necesarias para el desarrollo de una línea de Ultra Short Sea Shipping en una región

La viabilidad de esta propuesta depende de varios factores por lo que sólo será posible aplicarlo en ciudades y áreas metropolitanas que cumplan una serie de condiciones y que presenten problemas parecidos a los que han motivado el desarrollo de las Autopistas del Mar a nivel comunitario. Los cuatro principales factores a tener en cuenta son:

- Demografía y geografía: Estos dos factores tienen que ir juntos por necesidad. Al igual que cualquier infraestructura de transportes requiere de una mínima población para que su construcción pueda ser viable, una línea de USSS debe tener el suficiente número de habitantes que puedan hacer uso de él. Sin embargo, a pesar de que una ciudad tenga un área metropolitana de tamaño reducido (menos de 2 millones de habitantes), la implantación de ésta línea puede ser viable si las características geográficas donde está situada la ciudad (radas, bahías o estuarios) permiten que la implantación de una línea de USSS puede beneficiar a la movilidad en la región. Generalmente una región metropolitana de más de 3 millones de habitantes con acceso al mar dispone de población suficiente para poner en funcionamiento un servicio de USSS.
- Disponibilidad de infraestructuras: Teniendo en cuenta que el transporte marítimo es un transporte sostenible, la implantación de una línea de USSS debe aprovechar al máximo las infraestructuras disponibles en la zona ya que la nueva construcción de éstas hace que el proyecto no sea ni viable ni sostenible.
- Movilidad: La movilidad de las grandes ciudades es un factor muy importante ya que condiciona la calidad de vida de sus habitantes. Es muy importante tener una red de transportes urbanos e interurbanos bien cohesionada para evitar la congestión. Por lo tanto, tener una red de transportes de calidad puede ayudar a reducir la contaminación en la zona (algo muy común en aglomeraciones urbanas de más de 5 millones de habitantes). Tener un servicio de USSS ayuda en gran medida a ello ya que si se dispusiera de un buque con capacidad de 200 pasajeros se podrían eliminar unos 166 vehículos de la carretera<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Según el periódico *El País*, la ocupación media del automóvil en una ciudad como Madrid es de 1,2 personas por vehículo por lo que si se embarcasen en un buque 200 pasajeros, tomando como referencia el valor anterior, se evitaría el uso de 166,67 vehículos.



## Capítulo 2: El Ámbito Metropolitano de Barcelona

En este apartado se estudiará la estructura de transportes públicos del ámbito metropolitano de Barcelona para analizar su situación actual y evolución futura y así comprender de mejor manera la integración de un servicio de Ultra Short Sea Shipping en ella. En los apartados finales se analizan también la climatología y problemas de contaminación que sufre la ciudad.

El ámbito metropolitano de Barcelona es uno de los siete ámbitos funcionales territoriales de Cataluña. Definida por la Ley de Ordenación Territorial en 1987 y modificada en el año 2010 está formada por las comarcas del Baix Llobregat, el Barcelonès, el Maresme, el Vallès Occidental y el Vallès Oriental. Oficialmente sólo las comarcas anteriormente citadas forman parte del ámbito metropolitano aunque a efectos de este trabajo englobaremos también hasta la comarca de El Garraf al tener ésta acceso al mar y disponer de puertos deportivos que podrán ser utilizados en un supuesto servicio de Ultra Short Sea Shipping.

Con una población total de 4.918.326 habitantes el año 2015 y una superficie de 2.533,5 km<sup>2</sup> es la segunda área más densamente poblada de Europa con 1.941,31 h/km<sup>2</sup>. A nivel regional, concentra el 65,5% de la población de Cataluña en sólo el 8% de su territorio<sup>12</sup>.

La región está formada por 137 municipios lo que ha llevado a la creación de administraciones supramunicipales como el Área Metropolitana de Barcelona (AMB) (formada por 36 municipios) que tiene competencias en planes de ordenación urbanística, infraestructuras de transporte, movilidad, medio ambiente y asesoría a ayuntamientos adjuntos.

Esta gran aglomeración urbana que conocemos hoy en día empezó a crecer a partir de los años cincuenta y se intensificó en los sesenta y setenta debido a la llegada de fuertes corrientes migratorias procedentes del resto de España que tendían a dejar el campo e instalarse en áreas más densamente pobladas buscando una vida mejor. La región creció y para cuando se estabilizaron los movimientos migratorios se había duplicado la población de la zona, estableciéndose en unos 4 millones de habitantes.

Durante la década de los noventa la población de Barcelona, l'Hospitalet de Llobregat y Badalona se redistribuyó hacia municipios del Maresme, el Vallès y El Garraf algunos de los cuales llegaron a duplicar su población lo que se tradujo en una descentralización de la misma respecto a los puestos de trabajo que mayoritariamente se encontraban en Barcelona. En la actualidad esta distribución se ha mantenido

---

<sup>12</sup> Datos de Indecat.

creando unas importantes necesidades de movilidad lo que ha generado la creación y ampliación de infraestructuras y servicios de transporte público.

Es una de las regiones más industrializadas del Mediterráneo y uno de los motores económicos de España por lo que genera más de dos millones de empleos, la mayoría de estos situados en Barcelona, por lo que la población de las ciudades a su alrededor deben desplazarse hasta la capital lo que supone unos 16,4 millones de desplazamientos diarios entre Barcelona y sus núcleos de población más cercanos<sup>13</sup>.

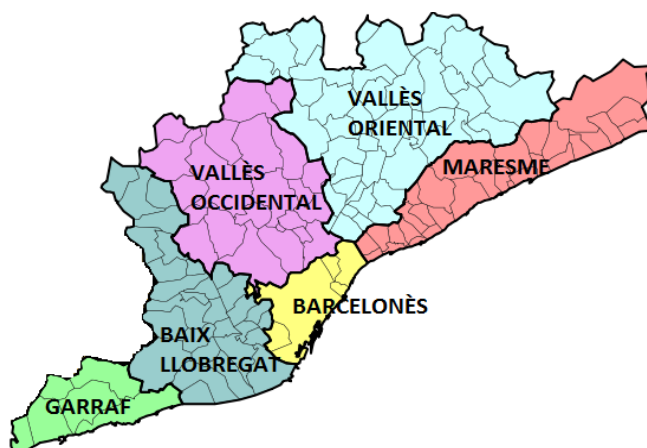


Figura 8: Comarcas que engloban el Àmbit Metropolità de Barcelona y El Garraf  
Fuente: Elaboración propia

Comarca	Población	Superficie (km <sup>2</sup> )	Densidad de población (h/km <sup>2</sup> )
Baix Llobregat	806.651	486	1.659,8
Barcelonès	2.225.144	145,8	15.266,9
El Garraf	145.983	185,1	788,6
Maresme	439.512	398,5	1.102,8
Vallès Occidental	900.661	583,1	1.544,5
Vallès Oriental	400.375	735	544,7
	4.918.326	2.533,5	1.941,31

Tabla 1: Población, superficie y densidad de población de las comarcas del Àmbit Metropolità de Barcelona

Fuente de datos: Indecat<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Transporte urbano en ámbitos metropolitanos, el caso del área metropolitana de Barcelona. Joan M. Bigas Serrallonga, 2012.

<sup>14</sup> Datos de 2015.

## 2.1.- El núcleo de la región: Barcelona

La ciudad de Barcelona es la capital de la comunidad autónoma de Catalunya y es la segunda ciudad más grande de España con una población de 1.608.746 habitantes en 2015.

Como ciudad está dividida en 10 distritos y su estructura urbana es una de las más curiosas del mundo siendo muy conocida por su malla ortogonal diseñada en el Plan Cerdà que permite una gran movilidad en sus calles más céntricas y es uno de los distintivos de la localidad.



Figura 9: Distritos de Barcelona  
Fuente: Vinals

Desde 1992 con la celebración de los Juegos Olímpicos de Barcelona, la ciudad se ha modernizado ya que antes de este evento se decía que la ciudad vivía de espaldas al mar lo que significaba que no explotaba al máximo sus posibilidades que le proporcionaba el disponer de un puerto en una situación geográfica tan importante. Desde mediados de los años 90 es uno de los centros culturales, financieros y comerciales más importantes del Mediterráneo y su influencia en el ámbito metropolitano homónimo se extiende hasta 60 km tierra adentro.

Al ser un motor económico importante, una gran cantidad de empresas industriales, turísticas y comerciales están establecidas allí. En Europa se considera una ciudad de referencia por su gran cantidad de servicios que ofrece ya que en ella están las mejores universidades y centros médicos de España. Por todo ello, Barcelona, recibe una gran

cantidad de turismo durante todo el año, que se incrementa durante los meses de verano.

## 2.2.- Red de transportes públicos del ámbito metropolitano de Barcelona y de la ciudad de Barcelona

Barcelona y su ámbito metropolitano tienen la necesidad de estar conectadas mediante redes de transporte público. Desde el siglo XIX se ha ido gestando la red que actualmente conocemos y que, debido a la gran cantidad de población en esta región, se ha tenido que ir actualizando para suplir las necesidades de movilidad.

En la actualidad, la red de transportes públicos del ámbito metropolitano de Barcelona y de la ciudad de Barcelona está compuesta principalmente por líneas de ferrocarril y líneas de autobuses:

- Red ferroviaria:
  - Rodalies de Barcelona (FGC y Renfe Operadora)
  - Metro de Barcelona (TMB)
  - Tranvía (TRAM)
- Red de autobuses:
  - Regulares (TMB)
  - Red ortogonal de autobuses de Barcelona (TMB)
  - Otras líneas operadas por empresas públicas o privadas

Estos servicios, están integradas en el consorcio Autoritat del Transport Metropolità (ATM) que se encarga de coordinar y planificar el transporte público en la región metropolitana de Barcelona. Su principal cometido es la regulación y estandarización de tarifas entre los distintos medios de transporte públicos instaurando un sistema de coronas tarifarias, considerando Barcelona como el núcleo de éstas. Con ello se ha creado el sistema tarifario integrado.

- Primera corona: Es el Área Metropolitana de Barcelona (AMB) cuyos municipios forman un conjunto urbano con la capital. La forman las ciudades de Hospitalet de Llobregat, Badalona, Sant Adrià del Besòs, Santa Coloma de Gramanet y Cornellà del Llobregat.
- Segunda corona: Es el segundo cinturón de Barcelona. La forman las localidades de Vilanova i la Geltrú, Vilafranca del Penedès, Martorell, Terrassa, Sabadell y Mataró. Barcelona está muy ligada a estas ciudades por lo que sigue siendo un área de influencia de la ciudad.

- Tercera corona: Es el área de menor influencia de Barcelona. Sus localidades están a más de 50 kilómetros de la capital. Manresa, Vic, Igualada, Blanes y el Vendrell son algunas de estas poblaciones.

El número total de viajeros transportados en 2015 por todos los servicios de transporte público fue de casi 700 millones<sup>15</sup>.

### 2.2.1.- Cercanías de ferrocarril

En el ámbito metropolitano de Barcelona, las líneas de cercanías están operadas por dos compañías públicas: FGC, propiedad de la Generalitat de Catalunya, y Renfe Operadora (*Rodalies*), dependiente del Ministerio de Fomento pero gestionada también por la Generalitat de Catalunya desde 2010.

Todos los servicios de cercanías están integrados en un sistema tarifario común coordinado por la Autoridad del Transporte Metropolitano que permite enlazar estas líneas con líneas del metro de Barcelona, los autobuses de Barcelona y el TRAM (tranvía).

#### 2.2.1.1.- FGC

La empresa pública FGC (Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya) explota un total de 14 líneas y varias instalaciones de ferrocarril de cremallera, teleférico y funicular. 13 de estas líneas están situadas dentro del ámbito metropolitano de Barcelona por lo que es uno de los ejes centrales del transporte interurbano en esta región con 186 kilómetros de vía y 90 unidades de tren. Las líneas que gestiona se pueden dividir en tres tipos según su alcance:

- Locales (L): Corresponden a las líneas L6, L7, L8 y L12 integradas dentro de la red de metro de Barcelona.
- Suburbanas (S): Corresponden a las líneas S2, S3, S5 y S55 que parten de Plaza Catalunya y alcanzan poblaciones de la comarca del Vallès. También explota 3 líneas que parten desde Plaza España hasta las localidades de Martorell y Olesa de Montserrat.
- Rodalies (R): Corresponden a las líneas R5 y R6 que conectan Barcelona con localidades de las comarcas del Baix Llobregat, Anoia y el Bages.

Todas las líneas de ferrocarril de FGC nacen en Barcelona y pasan por diferentes localidades del Vallès, Baix Llobregat, Anoia i Bages. Con unos 50.000 viajeros

---

<sup>15</sup> Fuente TMB.

transportados al día en las líneas metropolitanas, es uno de los principales servicios de transporte público interurbano del ámbito. En la comarca del Vallès es el servicio de transporte público más demandado.

### 2.2.1.2.- Renfe Operadora (Rodalies)

Renfe Operadora es gestor de cinco líneas de ferrocarril de cercanías de Barcelona.

- **R1:** Es conocida como la línea del Maresme ya que en la mayoría de su recorrido tiene estación en los principales pueblos de esta comarca. Transporta una media de 40 millones de pasajeros al año por lo que es una de las líneas más saturadas de la red.
- **R2:** Es la línea más larga de la red de cercanías que discurre de Sant Vicent de Calders y Massanet-Massanes pasando por las principales estaciones de Barcelona. Al estar dividida en tres sublíneas interconectadas entre sí, permite cubrir un área más amplia y pasar por las cuatro principales estaciones de cercanías de Barcelona (Barcelona – Sants, Barcelona – Passeig de Gràcia, Barcelona – El Clot y Barcelona – Estació de França). En su recorrido cubre las comarcas del Baix Penedès, El Garraf, Baix Llobregat, Barcelonès y Vallès Oriental. El primer tramo (Sud) discurre a lo largo de la costa.
- **R3:** Discurre entre las estaciones de Hospitalet de Llobregat y Vic pasando por el centro de Barcelona.
- **R4:** Discurre entre las estaciones de Sant Vicent de Calders y Manresa pasando por 4 estaciones de Barcelona: Barcelona – Sants, Barcelona – Plaça Catalunya, Barcelona – Arc de Triomf y Barcelona – La Sagrera.
- **R8:** Discurre entre Granollers y Martorell. Es la única línea de cercanías que no pasa por Barcelona sino que constituye una circunvalación ferroviaria cruzando las comarcas del Baix Llobregat, Vallès Occidental y Vallès Oriental.

### 2.2.2.- Metro de Barcelona

Constituye la espina dorsal de la movilidad en Barcelona ya que al año transporta hasta 464,7 millones de pasajeros<sup>16</sup>. El Metro de Barcelona da un servicio completo de ferrocarril suburbano a Barcelona y municipios colindantes. Dispone de 12 líneas, 180 estaciones y una longitud de 146 kilómetros y es la segunda red de metro más extensa de España después de Madrid.

---

<sup>16</sup> Dato del año 2015 obtenido de la suma de pasajeros de las líneas explotadas por TMB y FGC.

La red de metro está gestionada por dos empresas públicas: TMB y FGC. Las líneas de FGC se han analizado anteriormente. En este punto se explican las líneas gestionadas por TMB.

- L1: Es la segunda línea más antigua de la red. Con una longitud de 20,7 kilómetros, atraviesa Barcelona en horizontal pasando por las principales estaciones del centro de la ciudad y enlazando las localidades de Hospitalet de Llobregat y Santa Coloma de Gramanet. Dispone de 30 estaciones.
- L2: Es una de las líneas de más reciente construcción. Sólo dispone de 18 estaciones y una longitud de 12,7 kilómetros pero aun así alcanza la ciudad de Badalona y su última estación está en la avenida de Paral·lel. También atraviesa Barcelona en horizontal pero en su extremo Oeste no alcanza ninguna localidad vecina a Barcelona. En su futuro proyecto de ampliación se espera que llegue al aeropuerto.
- L3: Es la línea más antigua de la red. Tiene una longitud de 18,4 kilómetros y dispone de 26 estaciones. Atraviesa Barcelona creando una V por lo que su recorrido es vertical. Como curiosidad discurre únicamente dentro de los límites del municipio de Barcelona conectando el barrio de Nou Barris y la Zona Universitaria y se acerca al puerto por la estación de Drassanes.
- L4: Discurre en la parte oriental de Barcelona. Dispone de 22 estaciones y 16,7 kilómetros de vía. Inicia su recorrido en Nou Barris y al tener forma de C alcanza el centro de la ciudad y discurre por la costa el resto del recorrido hasta alcanzar la zona del Fórum donde enfila hacia el Norte hasta alcanzar el distrito de Nou Barris.
- L5: Se extiende desde el centro de Cornellà del Llobregat hasta la estación de Vall d'Hebrón, al Norte de Barcelona parando en 26 estaciones y recorriendo 20 kilómetros. Cruza la ciudad en horizontal y tiene enlace con todas las líneas de metro de Barcelona gestionadas por TMB.
- L9 y L10: Estas dos líneas tienen un tramo en común al este de la ciudad. Tras estar paralizadas las obras durante 6 años en 2016 se alcanzó el aeropuerto conectándolo a la red de metro desde la Zona Universitaria (L9). Cuando estén finalizadas formarán una corona alrededor de Barcelona y serán las líneas más largas de la red.
- L11: Esta red es de nueva construcción y sólo dispone de 5 estaciones y 2,1 kilómetros. La idea es esta línea es dar acceso a los barrios peor comunicados de Barcelona en el municipio de Montcada i Reixac.

Todas las líneas se ubican en la 1ª corona tarifaria del sistema tarifario integrado aunque la L2 y la L9 alcancen poblaciones fuera de esta área, la tarifa es la misma al estar constituidas dentro de la red de metro.



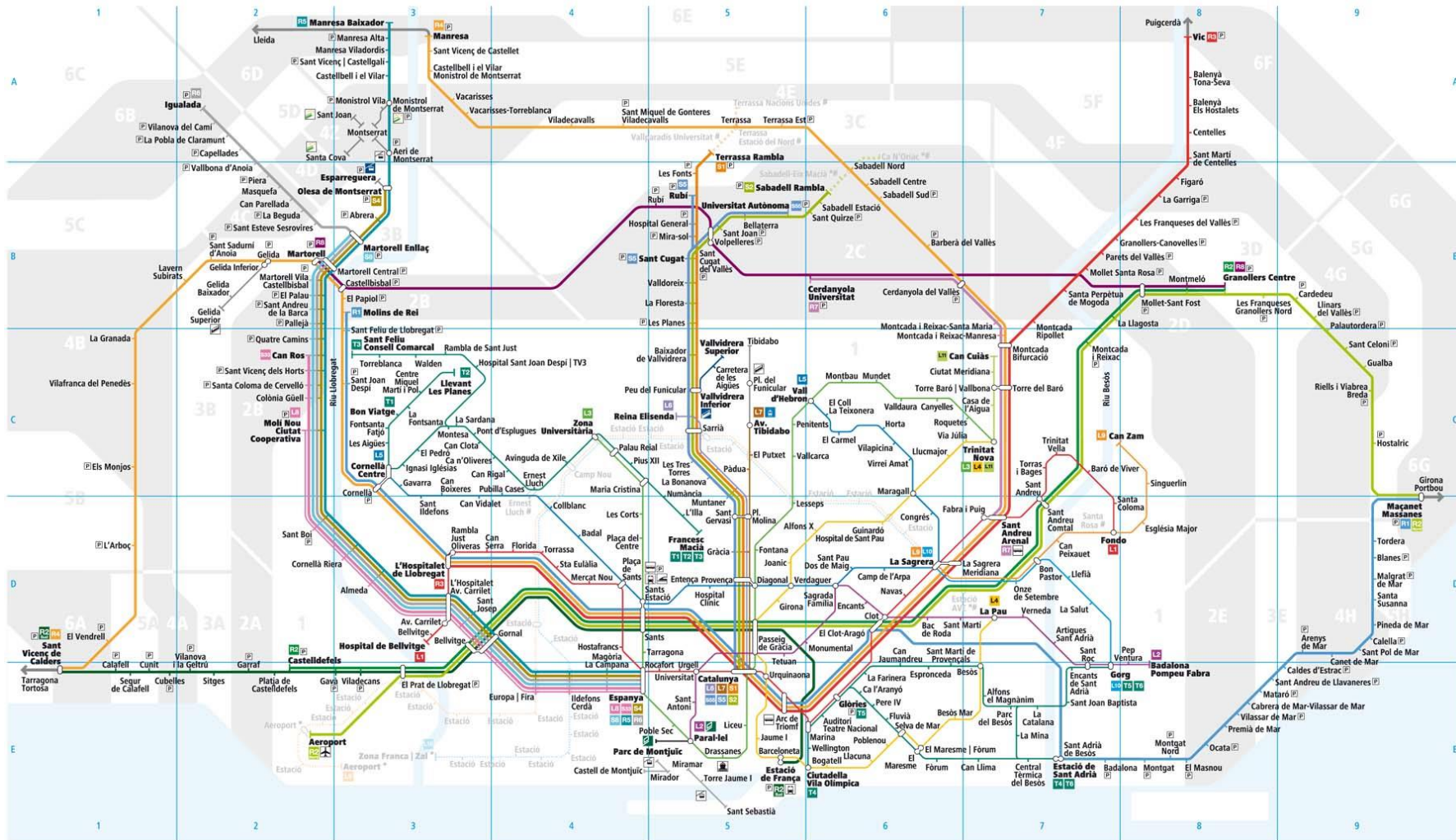


Figura 10: Red integrada de cercanías, metro de Barcelona y TRAM

Fuente: [www.renfe.com](http://www.renfe.com)



### 2.2.3.- Tranvía (TRAM)

En el ámbito metropolitano de Barcelona, entre los años 2004 y 2006, se inauguraron una serie de líneas de tranvía que permiten conectar los municipios más cercanos a Barcelona mediante un tranvía. Este proyecto se divide en dos tramos, Trambaix y Trambesós, ya que el primero de ellos circula entre Barcelona y localidades de la comarca del Baix Llobregat mientras que el segundo lo hace entre el extremo de la Avenida Diagonal y localidades de la comarca del Barcelonés cercanas al río Besós.

### 2.2.4.- Autobuses urbanos

Los autobuses urbanos de Barcelona son los que circulan dentro de la 1ª corona tarifaria del sistema tarifario integrado. La red tiene una longitud cercana a los 2.300 kilómetros con 220 líneas<sup>17</sup>.

A pesar de que la red está operada por mayoritariamente por TMB (108 líneas) existen otras empresas públicas y privadas que explotan otras líneas regulares. Estas empresas son Tugsal, Mohn, Soler y Sauret, Rosanbus, Oliveras, Sagalés, Authosa y Transports Ciutat Comtal. Algunas de estas empresas son las encargadas de los autobuses que circulan por la noche (NitBus) permitiendo así la movilidad en la ciudad incluso de noche. Cabe remarcar también que las líneas de autobús entre Barcelona y sus localidades de la región metropolitana las explotan estas empresas.

Las líneas de TMB pueden dividirse en dos tipos bien diferenciados; las líneas regulares y las de tránsito rápido.

- Regulares: Formada por 96 líneas es la que más autobuses mueve en la ciudad de Barcelona. También es la más utilizada.
- De tránsito rápido: Forman la red ortogonal de autobuses de Barcelona iniciando una nueva forma de moverse en autobús en Barcelona con el objeto de mejorar la agilidad del servicio. La red está compuesta por líneas que cruzan horizontalmente, verticalmente y en diagonal la ciudad de Barcelona, aprovechando la estructura de las calles de l'Eixample que permiten mucha fluidez al tránsito. Dispone de una longitud de 93,5 kilómetros y las paradas están mucho más distanciadas que en las líneas regulares permitiendo así una reducción del tiempo de viaje de hasta un 13%.

---

<sup>17</sup> Fuente TMB.

## 2.3.- El transporte por carretera y el uso del automóvil

En cualquier área metropolitana, el uso del transporte privado es mucho menor que en zonas menos pobladas. Hay que mencionar que en estas aglomeraciones urbanas es muy importante garantizar una buena movilidad en los medios de transporte por lo que invertir en transporte público siempre es una opción más viable y sostenible que construir infraestructuras para el uso del transporte privado.

En el interior de la ciudad hay tres maneras de moverse en transporte privado: en automóvil, en motocicleta o en bicicleta. Salvo la bicicleta (que se tratará en el punto 2.4), los automóviles y las motocicletas dominan el transporte privado. Estos dos medios de transporte tienen un problema que es la necesidad de estacionamiento. Las motocicletas pueden aparcar encima de las aceras que se permite por lo que parte de este problema puede quedar solucionado sin tener que invertir más en infraestructuras específicas, pero los automóviles tienen que estacionar en parkings subterráneos o en los pocos estacionamientos disponibles que queden en las zonas azules (4h) o zonas verdes (1h) con un coste medio de 2 euros por hora.

Las tres coronas creadas por la Autoritat del Transport Metropolità (ATM) (punto 2.2) quedan muy bien definidas en este aspecto ya que el Área Metropolitana de Barcelona concentra el volumen mayoritario de utilización del transporte público, sobre todo en la primera corona alrededor de Barcelona, directamente proporcional al número de residentes.

En cambio, la tercera corona, que se extiende a localidades ya bastante lejanas a Barcelona, estos servicios empiezan a ser menores y el uso del transporte privado para alcanzar la ciudad es mucho mayor. Es por ello que a pesar de la gran oferta de transporte público, el uso del automóvil sigue siendo muy elevado.



*Figura 11: Desplazamientos en día laborable dentro de la región metropolitana de Barcelona*  
Fuente: Transporte urbano en ámbitos metropolitanos, el caso del área metropolitana de Barcelona;  
Joan M. Bigas Serrallonga

La red de carreteras del ámbito metropolitano de Barcelona pertenece a la Red de Carreteras de Cataluña. Las carreteras se pueden clasificar en:

- Autopistas y Autovías
- Carreteras nacionales
- Carreteras comarcales
- Carreteras locales o secundarias

Estas carreteras están gestionadas por el Gobierno central, la Generalitat de Catalunya o las Diputaciones provinciales de Barcelona, Tarragona, Lleida y Girona.

En el ámbito metropolitano de Barcelona destacan las autopistas y autovías que conectan las principales localidades de esta región. Algunas de estas autopistas son de peaje debido a que su explotación está concedida a empresas privadas. Dos ejemplos de ello son la AP-2 que conecta localidades de Zaragoza con Lleida y el Vendrell y la AP-7 (C-32) que recibe la denominación de autopista del Mediterráneo al discurrir paralelamente a la costa. Esta autopista viene de Francia, atraviesa la costa catalana pasando por la zona metropolitana de Barcelona, Tarragona y alcanza hasta Málaga.

Otras autovías de libre circulación son la A-2 que conecta Madrid con Barcelona y termina en Figueras y la A-7 que conecta Barcelona con Algeciras recorriendo toda la costa Mediterránea.

Los accesos a Barcelona son muy diversos ya que la red de carreteras es muy extensa pero destacan las siguientes:

- B-10: Es la Ronda Litoral de Barcelona. Una circunvalación que rodea Barcelona por la costa.
- B-20: Es la Ronda de Dalt. Circunvalación que rodea Barcelona por su extremo superior. Junto con la Ronda Litoral forman el cinturón viario de alta capacidad de Barcelona.
- C-16: Conecta Manresa con Barcelona.
- C-17: Barcelona – Vic – Ripoll.
- C-31: Conecta la localidad del Vendrell con Figueras pasando por Vilanova i la Geltrú, Castelldefels y Barcelona.
- C-33: Barcelona – Parets. Es un acceso a Barcelona desde la autopista AP-7. Es una autopista de peaje.
- C-58: Es un acceso a Barcelona desde el Noroeste y conecta la capital con Terrassa.
- C-60: Conecta Mataró con Granollers.

## 2.4.- Servicio Bicing

El servicio Bicing es un servicio de transporte público que se basa en un sistema de bicicletas compartidas por los usuarios abonados. El sistema consiste en una red de estaciones de bicicletas distribuidas por todo el municipio de Barcelona donde las bicicletas están ancladas a una barra de control que las mantiene conectadas a un ordenador desde el cual el usuario puede introducir su tarjeta y así disponer de una bicicleta por un tiempo máximo de 30 minutos.

El Bicing se implantó en marzo de 2007 con 96 estaciones y 1.500 bicicletas<sup>18</sup>, números que en los años siguientes se ampliaron enormemente debido a la gran aceptación por parte de los ciudadanos y en un principio se pensó en extender el servicio hasta los municipios colindantes de Sant Adrià del Besós o l'Hospitalet de Llobregat aunque finalmente no han quedado incluidos. La red actual consta de 465 estaciones activas de las cuales 46 corresponden al Bicing eléctrico que dispone de bicicletas eléctricas. Entre bicicletas operativas y en reparación el servicio dispone de una flota de 6.000 bicicletas convencionales y eléctricas lo que permite a los 99.500 usuarios abonados disponer de un servicio de transporte sostenible e individual.

El abono anual es de 47,16 euros y sólo permite el uso de bicicletas convencionales por lo que para tener acceso al servicio eléctrico hay que abonar 14 euros más y el tiempo de uso de las bicicletas es limitado ya que en el abono solamente se incluyen los primeros 30 minutos de viaje. A partir de ahí se empieza a cobrar una tarifa extra, pudiendo llegar a causar baja del servicio si no se devuelve la bicicleta.

Entre todos los usuarios, al año, acumulan unos 15 millones de usos por lo que en la actualidad este servicio es fundamental para fomentar el desarrollo sostenible del transporte urbano. El Bicing está completamente integrado dentro de la red de transportes públicos y su utilidad en recorridos de corta duración (la media de cada desplazamiento por bicicleta es de 13 minutos y medio) ha quedado más que demostrada desde la inauguración del servicio. Según la página web del servicio el Bicing *“no es un sistema público de alquiler de bicicletas para uso turístico o recreativo”* por lo que queda claro que está montado por y para los usuarios que realicen desplazamientos cortos dentro de la ciudad y *“como complemento al transporte público convencional”*.

---

<sup>18</sup> Fuente: [www.bicing.cat](http://www.bicing.cat), 2016.

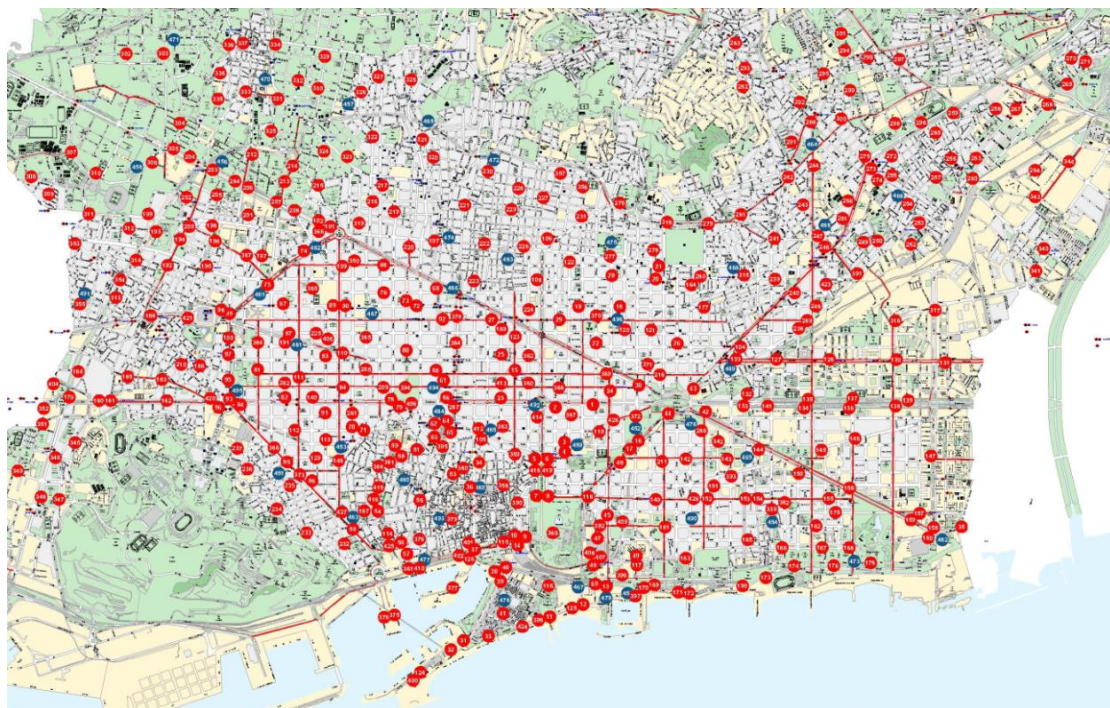


Figura 12: Mapa de las estaciones de Bicing (rojo) y Bicing eléctrico (azul)

Fuente: <https://www.bicing.cat/es/mapa-de-disponibilidad>

## 2.5.- Infraestructuras portuarias del ámbito metropolitano de Barcelona

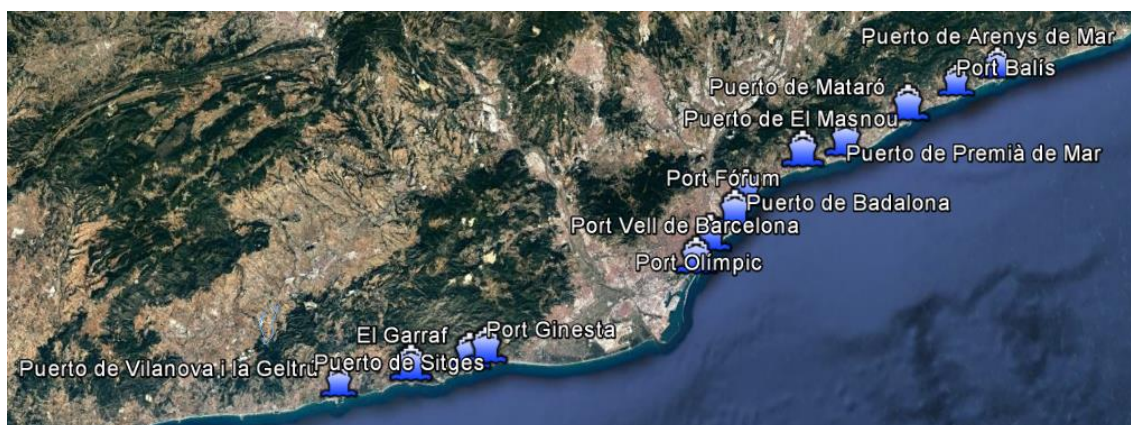
En el ámbito metropolitano de Barcelona en las comarcas de El Garraf, Barcelonès y Maresme, se han establecido, en las últimas décadas, numerosas infraestructuras portuarias de nueva construcción. Sin tener en cuenta el puerto de Barcelona que nació como puerto natural junto con la ciudad y es el único puerto de interés general de la zona, la mayoría de los puertos de estas localidades son deportivos.

A continuación se enumeran los puertos situados dentro de los límites del ámbito metropolitano de Barcelona:

- El Garraf:
  - Puerto de Vilanova i la Geltrú
  - Puerto de Sitges – Aiguadolç
  - Puerto de Vallcarca
  - Puerto de El Garraf
  - Port Ginesta
- Barcelonès:
  - Port Vell de Barcelona
  - Port Olímpic
  - Port Fórum



- Puerto de Badalona
- Maresme:
  - Puerto de El Masnou
  - Puerto de Premià de Mar
  - Puerto de Mataró
  - Port Balís
  - Puerto de Arenys de Mar



*Figura 13: Puertos deportivos del ámbito metropolitano de Barcelona  
Fuente: Google Earth / Elaboración propia*

Como se puede observar en la figura superior, hay 13 puertos deportivos dentro de la región metropolitana y todos ellos están comprendidos en un radio de 25 millas náuticas alrededor de Barcelona.

## **2.6.- Evolución futura de la movilidad en el ámbito metropolitano de Barcelona**

A pesar de que la población en Barcelona y en su área metropolitana se ha estabilizado desde hace unos años, la movilidad sigue siendo un problema en Barcelona.

Los mayores problemas derivan de la congestión de tráfico por lo que la solución puede estar en aumentar las frecuencias en las líneas de ferrocarril pero éstas tienen unos ciertos límites funcionales debido a sus infraestructuras y no se puede solucionar de una manera fácil y equitativa. La red ortogonal de autobuses ha tenido una buena acogida pero este problema queda solucionado en parte ya que sólo afecta a la ciudad de Barcelona.

Como expectativa de futuro se ha creado el Plan de Movilidad Urbana 2013 – 2018 cuyos objetivos son conseguir una movilidad más segura, equitativa, eficiente y sostenible.

La seguridad vial es un punto a favor actualmente ya que en 2016 (1155 fallecidos en toda España) ha sido el primer año desde 2003 (5.400 fallecidos<sup>19</sup>) que ha aumentado el número de fallecidos en accidentes de tráfico por lo que, aunque aún hay margen de mejora, está claro que se ha hecho un gran avance en este campo.

El apartado más extenso y en el que más se hace hincapié es el de la movilidad sostenible por lo que el plan se compromete a cumplir con los parámetros establecidos por la UE para emisiones de NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub><sup>20</sup> y reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera mediante la introducción de nuevos vehículos como autobuses híbridos que utilizan la energía combinada de un motor de combustión interna y un motor eléctrico impulsados por baterías que se recargan con las frenadas.

A pesar de que el automóvil sigue ocupando el 20% de los desplazamientos totales dentro de la ciudad de Barcelona, en los últimos años ha venido disminuyendo su uso y en su lugar ha aumentado el uso de las bicicletas debido al fomento de los carriles bici y precisamente de ellos nace una idea de la creación de un modelo de “supermanzanas” que consisten en establecer una nueva configuración de la movilidad en una gran manzana formada por varias manzanas actuales. De este modo no se permitirá el uso de los vehículos entre estos edificios y las calles actuales pasan a ser de uso exclusivamente peatonal. Con ello se aumenta en hasta un 50% el espacio para peatones, se mejora la accesibilidad para personas con movilidad reducida y la calidad del aire.

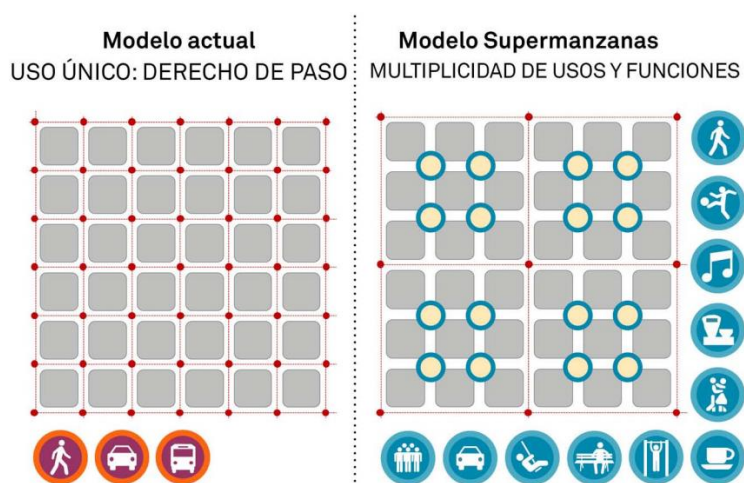


Figura 14: Comparación del modelo actual con el modelo de supermanzanas  
Fuente: Plan de Movilidad Urbana de Barcelona 2013-2018

<sup>19</sup> <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/accidentes-30dias/>

<sup>20</sup> Las partículas PM<sub>10</sub> son partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 µm. Estas partículas están formadas por silicatos y aluminatos, metales pesados y compuestos orgánicos asociados a partículas de carbono (hollín). La exposición prolongada puede provocar efectos nocivos en el sistema respiratorio.

Como futuros proyectos en las líneas de ferrocarril se espera terminar con las obras de las líneas L9 y L10 del Metro de Barcelona para completar la circunvalación ferroviaria suburbana. Actualmente la línea L9 ha completado el tramo entre Zona Universitària y el Aeropuerto (2016) y falta por construir el tramo que rodea la zona Norte de la ciudad. Por su parte, la mayoría de la línea L10 está en construcción y se espera que a finales de 2017 se termine un tramo similar al de la línea L9 inaugurado recientemente.

## 2.7.- Climatología

Catalunya está situada en el dominio climático de la zona templada por lo que las temperaturas y precipitaciones nunca alcanzan valores extremos salvo en ciertos puntos como las comarcas pirenaicas o las pertenecientes a la provincia de Lleida, más aisladas del mar.

Dentro de la zona templada se engloban tres grandes climas como son el oceánico, el continental y el mediterráneo. Precisamente, este último clima es el predominante en Catalunya al estar muy influenciada por el mar Mediterráneo. A lo largo del año, se producen variaciones térmicas estacionales con máximas en los meses de julio y agosto y mínimas en enero y febrero. El invierno es templado, debido a la influencia de las masas polares con temperaturas medias que rondan los 12 °C mientras que los veranos suelen ser cálidos con temperaturas medias superiores a los 24 °C.

Las precipitaciones no son muy abundantes y por lo general en el mar Mediterráneo se mantienen por debajo de los 800 mm aunque en algunas zonas pueden ser superiores. Los veranos suelen ser secos y las lluvias son estacionales presentándose a lo largo de otoño y primavera.

Entre los factores termodinámicos que afectan el clima de Catalunya y en concreto la región metropolitana de Barcelona destaca la corriente en jet y el anticiclón de las Azores. El primero de ellos afecta a Catalunya en otoño, invierno y parte de la primavera que es cuando circula en las latitudes cercanas a la región. El anticiclón de las Azores en verano ocupa una posición más al Norte de su posición habitual afectada por el movimiento septentrional de la corriente en jet. Este hecho provoca la sequía de los meses de verano, típicamente mediterránea, al impedir entrar borrascas atlánticas en la Península Ibérica.

En invierno, la situación cambia ya que la corriente en jet pasa por encima de Catalunya y el anticiclón de las Azores se sitúa en latitudes más meridionales permitiendo la entrada de masas de aire frías provenientes del Norte de Europa y en



algunos casos excepcionales desde Siberia provocando temporales de frío y nieve debido a la humedad del ambiente.

En la región metropolitana de Barcelona el clima es mediterráneo costero cuya influencia marítima es notable ya que durante los meses donde las temperaturas son más extremas (verano e invierno) éstas se suelen suavizar debido a la presencia del mar por lo que la temperatura media anual ronda los 15 °C. Al ser un clima seco, las precipitaciones suelen estar comprendidas entre los 500 y 600 mm teniendo lugar la gran mayoría de ellas durante las primaveras y otoños. En la zona más al Sur, ya alcanzando la provincia de Tarragona las temperaturas aumentan ligeramente con medias que rondan los 16 °C manteniéndose las precipitaciones por debajo de los 600 mm.

En la ciudad de Barcelona estos valores son válidos aunque su gran aglomeración urbana hace que se produzca un efecto denominado efecto de isla de calor. Este fenómeno es característico de las grandes ciudades y viene provocado por la acumulación de calor por la gran cantidad de material absorbente al calor en una ciudad. Para que se produzca este fenómeno la ciudad debe estar densamente poblada y de grandes dimensiones. Los factores más importantes que lo condicionan son la densa edificación, la falta de espacios verdes, generación de calor en zonas industriales próximas a la ciudad y la emisión de gases contaminantes. Esta situación se prolonga siempre y cuando los vientos no superen los 15 – 20 km/h.

Los efectos sobre una ciudad como Barcelona son beneficiosos durante el invierno ya que ayudan a aumentar la temperatura con respecto a zonas cercanas pero despejadas de edificios. En verano este efecto puede volverse en contra ya que también aumenta la temperatura siempre haciendo más calor en el núcleo de la ciudad que en las afueras. Un buen ejemplo es la figura 15 que se muestra a continuación. En la figura 15 perteneciente al climograma del Aeropuerto de El Prat (izquierda) se observa que la temperatura media es ligeramente inferior (entre 2 y 3 °C) que en el climograma de la derecha del Observatorio Can Bruixa del barrio de Les Corts de Barcelona.

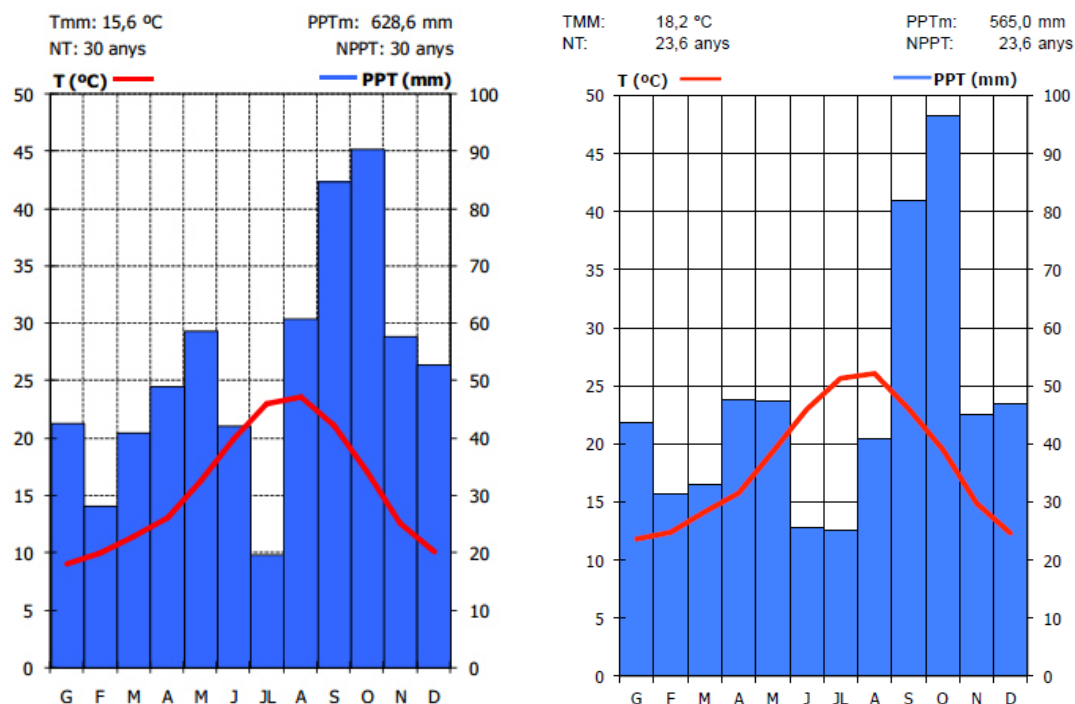


Figura 15: Climogramas correspondientes al Aeropuerto de Barcelona y al Observatorio Can Bruixa de los períodos 1980 – 2010 y 1984 – 2010

Fuentes: <https://nodosgeograficosterritoriometeo.wordpress.com> y Observatorio Can Bruixa

### 2.7.1.- Régimen de vientos

Como se ha señalado en los párrafos anteriores, la climatología de la zona metropolitana de Barcelona viene muy influenciada por el anticiclón de las Azores.

En verano la región se ve afectada por vientos poco potentes mientras que en otoño e invierno el cambio de posición del anticiclón de las Azores hace que el régimen de vientos del Mediterráneo Occidental cambie por completo. Justo es en estas estaciones cuando se producen borrascas de 4 a 5 días de duración trayendo consigo lluvias e inestabilidad además de una considerable bajada de temperaturas al producirse el cambio estacional de verano a otoño y de otoño a invierno.

Los vientos predominantes en esta zona dependen mucho de la época del año en la que nos encontremos. Verano es época de calmas anticiclónicas y se producen largos períodos con buenas condiciones meteorológicas; los cielos están despejados y el viento es suave. Cuando los vientos soplen del NW, N, y NE las temperaturas bajarán y el ambiente será seco ya que provienen del continente.

En invierno es muy típico del mar Balear que se produzcan temporales de Levante (viento del E). Estas situaciones se mantienen por varios días y traen consigo mucha humedad y oleaje intenso.

Al soplar viento procedente del Sur, las temperaturas tienden a subir algunos grados ya que procede del desierto del Sáhara. Estos vientos son cálidos y si recogen humedad durante su paso por el mar Mediterráneo producen precipitaciones intensas pero de corta duración.

## 2.8.- Problemas de contaminación

Como es típico de las grandes ciudades, la contaminación es uno de los factores más importantes a la hora de determinar la calidad de vida de una región. La ciudad de Barcelona no es una excepción ya que su región metropolitana densamente poblada genera una gran contaminación ambiental y acústica que además se puede asociar en muchos casos a la congestión de infraestructuras.

### 2.8.1.- Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica en grandes ciudades es uno de los principales problemas ambientales a los que tienen que hacer frente sus habitantes, que están obligados a respirar un aire de poca calidad que les puede ocasionar problemas de salud.

La mayoría de ciudades de más de un millón de habitantes presentan en sus cielos una capa de neblina que no desaparece sino soplan vientos fuertes. Este fenómeno es conocido como smog. El smog es una forma de contaminación originada a partir de la combinación del aire con partículas que contienen nitrógeno y azufre. Esta situación se da en condiciones anticiclónicas por lo que en la ciudad de Barcelona durante los meses de verano y en largos períodos anticiclónicos durante el invierno.

Las consecuencias para la población son importantes ya que puede causar problemas respiratorios en personas que sufren de asma, irritación de garganta y una larga exposición puede causar cáncer de pulmón.

En Barcelona, en los últimos años, se ha instalado esta nube en sus cielos. La causa principal de su aparición es la gran cantidad de automóviles que circulan por la ciudad además de humos provenientes de chimeneas domésticas e industriales. La solución a tiempo parcial ha sido restringir el tráfico en el centro de la ciudad; de hecho en Madrid se ha diseñado un plan de actuación que en períodos de alta contaminación se restringe el tráfico a automóviles prohibiendo la circulación de vehículos con número de matrícula par los días pares y con matrícula impar los impares.

Así se puede llegar a reducir en gran medida la contaminación producida por automóviles aunque no es una solución a largo plazo. Sin embargo, la introducción de peajes para circular en el centro de las ciudades puede ser una buena medida correctora para disuadir a los conductores de transitar las zonas más concurridas.

El Ayuntamiento de Barcelona, en 2017, va a activar un nuevo protocolo contra la polución en la que se prohíbe la circulación dentro del término municipal de Barcelona coches a gasolina fabricados antes del año 2000 y coches diésel fabricados antes del 2006.



*Figura 16: Contaminación atmosférica en Barcelona, fotografía tomada en agosto de 2015*  
Fuente: [www.elpais.com](http://www.elpais.com)

### 2.8.2.- Contaminación acústica

La contaminación acústica en Barcelona es un problema constante que afecta a gran parte de la población. Los datos son bastante claros: un 40% de los ciudadanos sufre niveles de ruido perjudiciales para la salud mientras que un 15% viven en zonas con valores superiores a 70 dB cuando la Organización Mundial de la Salud establece el límite de contaminación acústica en 65 dB. La mayor fuente de ruido es el tráfico con un 80%.

Como se puede observar en la imagen inferior, las zonas moradas indican una mayor cantidad de ruido mientras que las amarillas o verdes indican una menor contaminación acústica. Se aprecian perfectamente las principales vías de acceso a Barcelona así como las principales avenidas. La mayor concentración de ruido se produce en el centro de la ciudad, en el Eixample, donde las amplias calles favorecen el tránsito de vehículos.

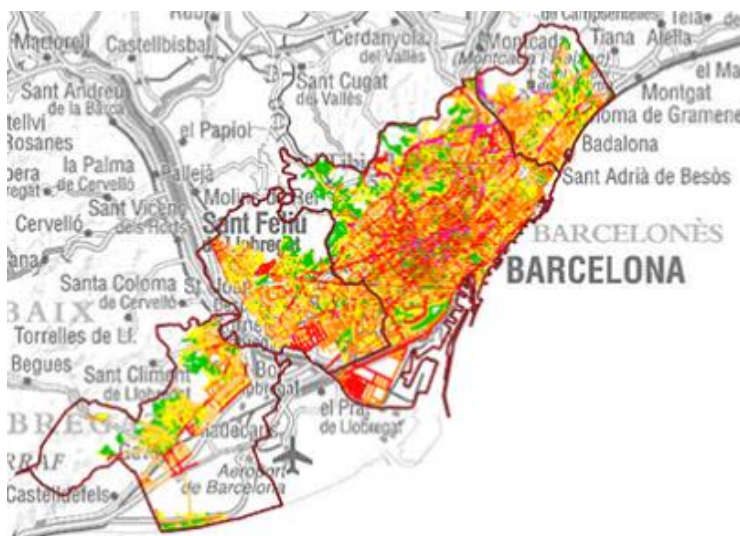


Figura 17: Mapa de ruido de Barcelona

Fuente: [www.europapress.com](http://www.europapress.com)

## 2.9.- Congestión en Barcelona

Según el RACC (Reial Automòvil Club de Catalunya) los accesos a la ciudad se encuentran al borde del colapso durante las horas punta. Esto viene condicionado por la recuperación económica que conlleva una mayor movilidad aumentando el riesgo de colapso en las autopistas y carreteras.

Antes de la crisis económica que se inició en 2008 los niveles de congestión eran muy elevados y hasta el año 2012 habían disminuido constantemente pero desde 2014 han vuelto a incrementar. A ello hay que añadir que las infraestructuras disponibles son las mismas ya que no se ha podido invertir en ellas por falta de dinero.

Según previsiones del RACC en 2017 la circulación aumentará hasta un 9% lo que puede provocar un incremento de la congestión de hasta un 50%. En los actuales niveles de congestión los afectados son 200.000 usuarios tanto de coche como de autobús del área metropolitana que cada día se desplazan a Barcelona a la hora punta, de las 8 a las 9 de la mañana. Cada uno pierde una media de 80 minutos adicionales a la semana, es decir, 65 horas cada año.

Las propuestas de actuación del RACC pasan por una mejora de los accesos a Barcelona y fomentar el uso del transporte público. Esta última medida no ha tenido nunca una buena acogida por parte de la población ya que los pasajeros del servicio de Rodalies Renfe solamente han aumentado un 0,5% en los últimos 10 años.

Este problema está tan arraigado que es muy difícil solucionarlo ya que la población tiene una elevadísima dependencia del automóvil. La principal causa de la congestión vial está en que en un gran número de automóviles solamente viaja el conductor, de

hecho, la media española está en 1,2 pasajeros por vehículo. Teniendo en cuenta que en cada vehículo pueden viajar hasta 5 personas si se compartiera coche, la cantidad de coches en circulación se dividiría por 4. Esto solamente es una suposición teórica que luego se ve alterada por distintos factores como horarios de entrada y salida del trabajo y el tiempo que cada persona le quiera dedicar a su ocio.

## Capítulo 3: Puertos deportivos aplicables al Ultra Short Sea Shipping

En este capítulo se exponen las principales características de los puertos deportivos, comerciales y pesqueros situados dentro del ámbito metropolitano de Barcelona. Se explica la situación respecto a Barcelona, el número de amarres, eslora máxima, calados, ayudas a la navegación en el interior y accesos por tierra.

### 3.1.- Puerto de Arenys de Mar

El puerto de Arenys de Mar es un puerto pesquero y deportivo situado en la localidad de Arenys de Mar que se encuentra a 38 kilómetros de Barcelona, alrededor de 21 millas náuticas por mar. Este puerto a diferencia de algunos de los que encontramos en la región metropolitana de Barcelona tiene una gran historia ya que Arenys de Mar es un pueblo costero con larga tradición pesquera. Los inicios del puerto se remontan al siglo XIX pero no fue hasta los años 1920 cuando se empezó a construir el puerto actual, terminándose en 1961.

En la actualidad, alberga una importante flota pesquera y acoge una gran cantidad de embarcaciones de recreo ya que dispone de un club náutico (Club Nàutic de Arenys de Mar), organizador de multitud de eventos náuticos mediante su escuela de vela. Para contactar con el club náutico se puede realizar por medio del canal VHF 9.

El puerto está formado por un dique exterior de Levante de 830 metros y un contradique de Poniente de 480 metros lo que lo convierte en un lugar ideal para refugio ya que tanto si soplan vientos del este como del Sur como de Poniente. La disposición de los diques permite cierta seguridad a los buques y embarcaciones amarrados en su interior. Es por ello que es considerado uno de los puertos más seguros del litoral catalán.<sup>21</sup> Internamente, está dividido en dos grandes dársenas: la dársena deportiva y la pesquera.

La dársena deportiva ofrece 632 amarres que son gestionados por el club náutico con una eslora máxima de 20 metros y una mínima de 6. El calado en esta dársena va desde los 1,5 metros de los muelles N1 y N5 hasta los 2,5 metros del muelle N2. Todos los amarres cuentan con los más modernos servicios a disposición del cliente incluido un servicio de vigilancia las 24 horas y conexión a internet por vía aérea.

Por su parte, la dársena pesquera ofrece 5 muelles dedicados exclusivamente al atraque de la flota pesquera. Esta instalación suma un total de 1000 metros lineales de

---

<sup>21</sup> <https://www.costadebarcelonamaresme.cat/es/node/8234>

amarres con un calado mínimo de 1,5 metros en el muelle nº 1 y de 4 metros en los muelles 3, 4 y 5. Esta dársena está situada en la zona más exterior del puerto dónde también hay una zona de varada con una grúa pórtico con capacidad de 150 toneladas y una gasolinera (donde se encuentra el muelle de espera).

Los faros y farolas interiores, están dispuestas de la siguiente manera y ofrecen las siguientes características:

- Dique de Levante:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 34,48' N$ ;  $L = 002^{\circ} 33,40' E$
  - 2 destellos de color verde cada 7 segundos
  - Altura de 9 metros sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
- Contradique de Poniente:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 34,57' N$ ;  $L = 002^{\circ} 33,54' E$
  - 2 destellos de color rojo cada 7 segundos
  - Altura de 7 metros sobre el nivel del mar
  - Alcance de 3 millas náuticas
- Dársena pesquera:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 34,65' N$ ;  $L = 002^{\circ} 33,57' E$
  - 2 + 1 destellos de color rojo cada 21 segundos
  - Altura de 5 metros sobre el nivel del mar
  - Alcance de 2 millas náuticas
- Dique de Levante (interior):
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 34,64' N$ ;  $L = 002^{\circ} 33,66' E$
  - 3 destellos de color verde cada 7 segundos
  - Altura de 7 metros sobre el nivel del mar
  - Alcance de 2 millas náuticas
  - Arco de visibilidad:  $025^{\circ} - 185^{\circ}$ . (Demora verdadera)

Justo entre las farolas del dique de Levante y el contradique de Poniente está la mayor amplitud de la bocana que es de 170 metros. Cabe destacar que a 1,35 millas al 199º de la bocana del puerto se encuentra una piscifactoría balizada por tres boyas, de espeque la S, de castillete la N y W, todas amarillas, con luz GpD(4)A 3M que señalizan zona circular de 150 m de radio.



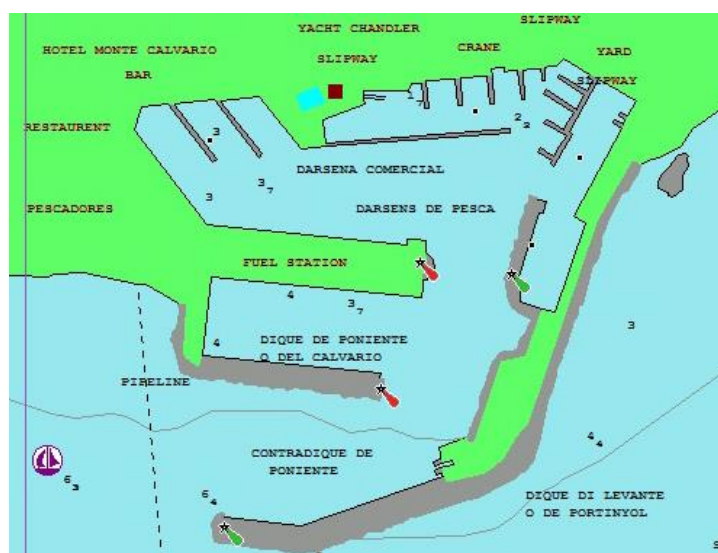


Figura 18: Portulano del puerto de Arenys de Mar con la disposición de sus ayudas a la navegación  
Fuente: <http://guias.masmar.net/>

Se puede acceder al puerto (y a la localidad de Arenys de Mar) mediante la línea R1 de cercanías y por carretera mediante la carretera N-II que discurre desde Madrid hasta Francia pasando a través de Barcelona y las localidades costeras situadas más al Norte dentro de su ámbito metropolitano o la autopista de peaje C-32 si se viene desde Barcelona.

### 3.2.- Port Balís

El Port Balís es el puerto del municipio de Sant Andreu de Llavaneres cuya población está a escasos kilómetros. Este puerto exclusivamente deportivo se encuentra a escasas 2 millas del puerto de Arenys de Mar por lo que su comunicación dentro del ámbito metropolitano de Barcelona es similar. Se puede acceder al puerto por carretera por medio de la N-II o la autopista de peaje C-32 y también tiene una parada de ferrocarril de cercanías (R1) y ferrocarriles regionales. Su estación precede a la de Arenys de Mar si se viaja desde Barcelona. Mediante autobús, hay una línea que realiza un servicio diario entre Sant Andreu de Llavaneres y Barcelona.

Este puerto está gestionado por el Club Náutico El Balís y sus instalaciones son de primera categoría ya que allí en verano recalán grandes yates por lo que su oferta de servicios es muy amplia incluyendo una gasolinera, un varadero con una grúa pórtico con capacidad para 50 toneladas y varias grúas de 3 toneladas de capacidad para embarcaciones menores.

El puerto está formado por dos diques, uno interior y otro exterior, en forma de tenaza cuya bocana ofrece una anchura de 90 metros y un calado de 4,5. Su disposición

permite al puerto ofrecer un buen resguardo cuando el viento sopla del Norte o del Este pero ante un temporal del Sur o del Sudoeste, se puede meter cierta resaca en su interior.

Cuenta con 770 amarres privados y 124 de alquiler de una eslora comprendida entre los 6 y los 25 metros. Para las embarcaciones de menor eslora el calado interior es de 2 metros mientras que en los amarres de mayor eslora la sonda puede alcanzar los 4,5 metros. El amarre de la gasolinera es mayor de 30 metros.

La disposición de ayudas a la navegación en el interior del puerto es la siguiente:

- Dique de Levante – Bocana:
  - Localización:  $I= 41^{\circ} 33,36' N$ ;  $L= 002^{\circ} 30,40' E$
  - 3 destellos de color verde cada 10 segundos
  - Altura de 10 metros sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
- Dique de Poniente:
  - Localización:  $I= 41^{\circ} 33,42' N$ ;  $L= 002^{\circ} 30,36' E$
  - 3 destellos de color rojo cada 10 segundos
  - Altura de 6 metros sobre el nivel del mar
  - Alcance de 2 millas náuticas
- Dique de Levante – Interior:
  - Localización:  $I= 41^{\circ} 33,44' N$ ;  $L= 002^{\circ} 30,42' E$
  - 4 destellos de color verde cada 12 segundos
  - Altura de 4 metros sobre el nivel del mar
  - Alcance de 2 millas náuticas
- Club Náutico:
  - Localización:  $I= 41^{\circ} 33,49' N$ ;  $L= 002^{\circ} 30,48' E$
  - 4 destellos de color rojo cada 12 segundos
  - Altura de 3 metros sobre el nivel del mar
  - Alcance de 2 millas náuticas



servicios habituales para las embarcaciones además de una grúa con capacidad para 12 toneladas y una grúa pórtico con una capacidad de 120 toneladas situadas en el varadero del puerto.

El puerto está dragado y tiene un calado interior de 5 metros mientras que en la bocana el calado se incrementa hasta los 7 metros. En ese punto la anchura es de 80 metros. Para comunicarse con la emisora del puerto, el canal de trabajo es el VHF 9.

En la bocana del puerto hay dos farolas (una verde y una roja) que indican la entrada del puerto durante la noche, disponen de las siguientes características:

- Dique exterior:
  - Localización:  $I= 41^{\circ} 31,57' N$ ;  $L= 002^{\circ} 26,66' E$
  - 4 destellos de color verde cada 16 segundos
  - 15 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
- Contradique interior:
  - Localización:  $I= 41^{\circ} 31,67' N$ ;  $L= 002^{\circ} 26,68' E$
  - 4 destellos de color rojo cada 8 segundos
  - 5 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 4 millas náuticas



Figura 20: Puerto de Mataró y situación de las farolas en la bocana

Fuente: [www.portsgeneralitat.org](http://www.portsgeneralitat.org) / Elaboración propia

Como característica destacable cabe indicar que al estar bien resguardado por un dique exterior de 14 metros de altura, cuando sopla viento fuerte de componente E y SE, el puerto ofrece un buen refugio para las embarcaciones.

Cabe destacar los 7.000 m<sup>2</sup> de zona comercial en la que se pueden encontrar diversos comercios de servicios náuticos como son tiendas, talleres, centros de formación y escuela de vela. Esta zona también cuenta con una gran cantidad de establecimientos dedicados al ocio como bares, restaurantes y tiendas. Se puede decir que es uno de los

grandes alicientes de la ciudad de Mataró ya que desde la construcción del puerto y la zona comercial, una gran cantidad de gente se desplaza por motivos de trabajo u ocio al puerto lo que ha generado una gran cantidad de puestos de trabajo y ha lanzado al puerto de Mataró como uno de los puertos deportivos de referencia en el litoral catalán.

Se puede acceder al él por tierra, desde Barcelona, mediante la línea R1 de cercanías cuya estación está justo enfrente del puerto por dónde pasan también trenes regionales. Por carretera, existen dos opciones, desde Barcelona y Girona por la autopista de peaje C-32 la cual dispone de varias salidas a la ciudad de Mataró o por la carretera nacional N-II.

### 3.4.- Puerto de Premià de Mar

El puerto de Premià de Mar es un puerto deportivo y pesquero situado a 20 kilómetros de Barcelona y a unas 10 millas náuticas del Port Olímpic de Barcelona. A pesar de que se inauguró en 1974 como embarcadero para pequeñas embarcaciones de pesca y recreativas, rápidamente empezó a crecer y se fundó el Club Náutico de Premià de Mar dónde se llevó a cabo el Campeonato Mundial de Vela de clase Vaurien ese mismo año. Durante los años 80 y 90 se amplió el puerto con nuevos amarres aunque desde los primeros años del nuevo milenio no se ha podido llevar a cabo completamente el proyecto del área comercial. En la actualidad está en construcción un área comercial de 18.000 m<sup>2</sup>, un nuevo paseo marítimo y una zona de estacionamiento de vehículos con más de 1000 plazas.

El puerto está dragado hasta los 6 metros en la bocana mientras que en el interior el calado va desde los 6 metros en los amarres de mayor eslora hasta los 2 metros en la dársena para embarcaciones menores. El número de amarres en la actualidad es de 554 con una eslora máxima de 30 metros y una mínima de 6.

Al ser un puerto de construcción muy sencilla ya que sólo dispone de un dique de abrigo y un contradique dónde está situado el varadero y la gasolinera, las únicas ayudas a la navegación que dispone el puerto son dos luces que indican el canal de entrada:



Figura 21: Disposición del puerto de Premià de Mar y sus farolas

Fuente: <http://www.marinapremia.com/> / Elaboración propia

- Dique de abrigo:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 29,26' N$ ;  $L = 002^{\circ} 21,89' E$
  - 1 destello de color verde cada 3 segundos
  - 6 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
- Contradique:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 29,29' N$ ;  $L = 002^{\circ} 21,94' E$
  - 1 destello de color rojo cada 3 segundos
  - 3 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 3 millas náuticas

La localidad de Premià de Mar está justo delante del puerto por lo que la integración de éste en la población es máxima y sus comunicaciones también. Para acceder al puerto sólo hay que cruzar una carretera, la N-II y las vías férreas que enlazan la estación de Premià de Mar con la de Vilassar de Mar.

Para acceder al puerto se puede hacer mediante la línea R1 de cercanías o trenes regionales que se dirigen a Girona por las mismas vías. Por carretera el acceso es similar al de los anteriores puertos; desde Barcelona, por la autopista de peaje C-32 o por la carretera nacional N-II que discurre paralela al puerto.



### 3.5.- Puerto de El Masnou

El Masnou es una localidad de 23.000 habitantes que está situada a unos 15 kilómetros al Norte de Barcelona. El puerto de esta localidad es una de las referencias dentro del litoral barcelonés ya que fue el primer puerto deportivo en inaugurarse lo suficientemente cerca de Barcelona como para ser su propio puerto deportivo por su proximidad y porque en aquellos tiempos (años 70) el Port Vell aún era un puerto comercial. Desde 1975, cuando se terminó de construir, esta instalación ha tenido un gran éxito lo que ha hecho que en 1992 se iniciaran obras de modernización y reacondicionamiento para poder albergar más embarcaciones y ofrecer mejores servicios, terminándose las obras en 1995.

Actualmente dispone de 1081 amarres en pantalanes y 170 en los diques de Poniente y Levante para transeúntes de un máximo de entre 6 y 22 metros de eslora y una amplia gama de servicios para abastecer a todas las embarcaciones como son gasolinera, dos varaderos y una zona comercial que cuenta con multitud de tiendas, bares, restaurantes y discotecas. En el puerto también hay el Club Náutico de El Masnou que dispone de escuela de vela.

El calado en los amarres de mayor eslora es de 6 metros que se van reduciendo hasta un calado mínimo de 2,5 metros en las dársenas interiores destinadas a embarcaciones menores.

Debido a su construcción, con vientos del SW hay dificultades si se quiere entrar a puerto pero una vez en su interior los diques ofrecen un buen refugio debido a su altura por lo que es un puerto muy seguro cuando se acerca un temporal. En cuanto a los demás vientos, debido a la poca distancia entre el dique de Poniente y el de Levante, el temporal no llega a entrar nunca dentro de puerto.

Las ayudas a la navegación que dispone El Masnou son las siguientes:

- Dique de abrigo:
  - Localización: I= 41º 28,42' N; L= 002º 18,67' E
  - 2 destellos de color verde cada 12 segundos
  - 10 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
- Dique de Levante:
  - Localización: I= 41º 28,51' N; L= 002º 18,80' E
  - 3 destellos de color verde cada 10 segundos
  - 1 metro de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 2 millas náuticas
- Dique de Poniente:
  - Localización: I= 41º 28,50' N; L= 002º 18,73' E

- 2 destellos de color rojo cada 12 segundos
- 3 metros de altura sobre el nivel del mar
- Alcance de 3 millas náuticas
- **Muelle interior – Capitanía:**
  - Localización: I= 41º 28,58' N; L= 002º 18,84' E
  - 3 destellos de color rojo cada 10 segundos
  - 1 metro de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 2 millas náuticas



Figura 22: Portulano del Puerto de El Masnou

Fuente: <http://guias.masmar.net/>

Para acceder al puerto por tierra están las mismas opciones que en los puertos que ya se han descrito. En automóvil se puede llegar por la autopista de peaje C-32 o por la carretera nacional N-II. En ferrocarril también se puede llegar mediante la línea R1 de cercanías y otros trenes regionales con destino Girona. La estación de ferrocarril está justo delante de la entrada al puerto.

### 3.6.- Puerto de Badalona

El puerto de Badalona es el puerto de más reciente construcción de toda la región metropolitana de Barcelona. Fue inaugurado en 2005 y está situado en el extremo Sur de la ciudad de Badalona cerca del delta del río Besós donde está construida la antigua central térmica de Sant Adrià conocida popularmente como a central de las tres chimeneas lo que es una clara enfilación para la entrada a puerto.



Badalona cuenta con dos dársenas; una pesquera y otra deportiva que están separadas por el Muelle de Capitanía. La dársena deportiva cuenta con 643 atraques de entre 6 y 30 metros de eslora con un calado de 5 metros en los atraques más grandes que se reduce a 3 metros en los pantalanes más interiores. La distribución de los amarres es de 626 para embarcaciones de recreo y 17 para embarcaciones pesqueras

Al ser un puerto moderno, su construcción es sencilla a la par que efectiva ya que la disposición de un amplio dique de abrigo de 700 metros permite disponer de un muelle de espera para embarcaciones de eslora mayor a 40 metros y hasta 8 metros de calado que se incrementa a 10 en la bocana.

El sistema de ayudas a la navegación en este puerto es más complejo que en los demás puertos deportivos y pesqueros y se compone de 5 farolas y 3 boyas.

- Dique de abrigo - Bocana:
  - Localización: I= 41º 25,88' N; L= 002º 14,56' E
  - 3 destellos de color verde cada 9 segundos
  - 2 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
- Dique de abrigo – Extremo NE:
  - Localización: I= 41º 26,20' N; L= 002º 14,80' E
  - 3 destellos rápidos de color amarillo cada 10 segundos
  - Alcance de 3 millas náuticas
  - Es una marca cardinal Este y tiene como marca diurna dos conos de color negro unidos por sus bases. La boya tiene forma de castillete y está pintada de color negro con una franja horizontal amarilla en el medio
  - Indica la presencia de un espigón en el extremo NE del dique de abrigo
- Boya lateral de entrada 1:
  - Localización: I= 41º 25,81' N; L= 002º 14,45' E
  - 4 destellos de color rojo cada 11 segundos
  - Alcance de 1 milla náutica
  - Tiene forma cónica
- Boya lateral de entrada 2:
  - Localización: I= 41º 25,90' N; L= 002º 14,50' E
  - 3 destellos de color rojo cada 9 segundos
  - Alcance de 1 milla náutica
  - Tiene forma cónica
- Dársena pesquera:
  - Localización: I= 41º 25,99' N; L= 002º 14,53' E
  - 1 destello de color rojo cada 5 segundos

- 5 metros de elevación sobre el nivel del mar
- Alcance de 1 milla náutica
- Muelle de Capitanía:
  - Localización:  $L = 41^{\circ} 26,02' N$ ;  $L = 002^{\circ} 14,54' E$
  - 2 + 1 destellos de color rojo cada 10 segundos
  - 4 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica
- Gasolinera:
  - Localización:  $L = 41^{\circ} 26,03' N$ ;  $L = 002^{\circ} 14,55' E$
  - 2 destellos de color rojo cada 7 segundos
  - 4 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica
- Dársena deportiva:
  - Localización:  $L = 41^{\circ} 26,14' N$ ;  $L = 002^{\circ} 14,58' E$
  - 4 destellos de color verde cada 11 segundos
  - 4 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica



Figura 23: Disposición de las ayudas a la navegación en el puerto de Badalona

Fuente: <https://www.elestrechodigital.com>

En la actualidad la zona donde está construido el puerto está siendo remodelada por completo ya que anteriormente albergaba una zona industrial que se ha extinguido y que se urbanizará para integrarse dentro de la ciudad constituyendo un nexo entre la zona del Fórum de Barcelona, Sant Adrià del Besós y Badalona. En un futuro, esta área se convertirá en una zona de ocio que incluirá centros comerciales y parques.

Para acceder al puerto por tierra existen una gran variedad de opciones, en automóvil, desde Barcelona se puede acceder prácticamente sin salir del casco urbano por la autopista C-31 o por la calle d'Eduard Maristany que lleva directamente a Barcelona.

En autobús existen varias paradas cercanas al puerto que conectan con la capital y mediante ferrocarril se puede acceder con el tranvía del Besós y el Metro de Barcelona, ambos con parada en la estación de Metro de Gorg, penúltima estación de la línea L2 de Metro que conecta el centro de Badalona con el centro de Barcelona.

### 3.7.- Port Fórum

Otro de los puertos de última generación es el Port Fórum situado en los límites del término municipal de Barcelona y Sant Adrià del Besós, en el extremo nordeste de la Avenida Diagonal, por lo que se puede considerar uno de los tres puertos de la capital. Es una infraestructura construida durante los primeros años del milenio, terminándose en el año 2004 cuando tuvo lugar el Fórum Universal de las Culturas de Barcelona. Durante la celebración del evento, el puerto acogió diversos actos y exposiciones. A pesar de la herencia dejada en la zona con la construcción del *Parc del Fórum*, su construcción ha recibido numerosas críticas por su impacto ambiental sobre la costa. Durante los años siguientes a la celebración del Fórum, el puerto no tuvo una actividad muy destacada y en la actualidad se están realizando una serie de obras en su zona comercial para tratar de revivir la actividad portuaria.

Como instalación náutica ofrece una amplia gama de amarres (201) que van desde los 6 metros hasta los 80. La marina se divide en dos áreas: una dársena interior con 170 amarres de 10 a 25 metros de eslora y una dársena exterior de 31 amarres de hasta 80 metros. El calado en la bocana y en la dársena exterior es de 6 metros mientras que en la dársena interior está reducido a 3 metros.

Al ser un puerto de construcción parecida a la de Badalona, el sistema de ayudas a la navegación es similar:

- Dique de abrigo - Bocana:
  - Localización: I= 41º 24,54' N; L= 002º 13,76' E
  - 4 destellos de color verde cada 12 segundos
  - 10 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
- Dique de abrigo – Extremo NE:
  - Localización: I= 41º 24,91' N; L= 002º 14' E
  - 3 destellos rápidos de color amarillo cada 10 segundos
  - 7 metros de elevación sobre la superficie del mar
  - Alcance de 3 millas náuticas
  - Se trata de una marca cardinal este y tiene como marca diurna dos conos de color negro unidos por sus bases. Está pintada de color negro con una franja horizontal amarilla en el medio

- En dirección SE de la posición de esta marca hay una boya cardinal este con las mismas características que indica la presencia de un oleoducto y gaseoducto.
- **Bocana:**
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 24,51' N$ ;  $L = 002^{\circ} 13,68' E$
  - 4 destellos de color rojo cada 12 segundos
  - Alcance de 3 millas náuticas
  - Elevación de 5 metros sobre la superficie del mar
- **Espigón canal de entrada:**
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 24,62' N$ ;  $L = 002^{\circ} 13,73' E$
  - 1 destello de color rojo cada 5 segundos
  - Elevación de 5 metros sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica
- **Canal de entrada:**
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 24,70' N$ ;  $L = 002^{\circ} 13,76' E$
  - 2 destellos de color rojo cada 8 segundos
  - 4 metros de elevación sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica
- **Espigón de grandes yates:**
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 24,76' N$ ;  $L = 002^{\circ} 13,82' E$
  - 2 + 1 destellos de color verde cada 10 segundos
  - 4 metros de elevación sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica



Figura 24: Portulano del Port Fórum

Fuente: <http://quias.masmar.net/>

Debido a la situación del puerto, el acceso en automóvil es muy sencillo mediante la Ronda Litoral y la Avenida Diagonal y cuenta con un aparcamiento de 1000 plazas todas subterráneas. Las líneas 7, 36, 43 y 141 de los autobuses de la TMB tienen una parada muy cercana así como la estación de “Maresme – Fórum” de la L4 del Metro de Barcelona que coincide con la estación de “Fórum” del Trambesòs.

### 3.8.- Port Olímpic

El Port Olímpic de Barcelona es el puerto deportivo que está situado frente a la Villa Olímpica de Barcelona. Fue construido para albergar las competiciones de los Juegos Olímpicos de Barcelona de 1992, de ahí su nombre. Es uno de los puertos de referencia en el litoral catalán debido al ambiente que lo rodea y su situación única ya que es el corazón de la zona marítima de la ciudad. En su entrada están dos de los edificios más representativos de Barcelona, el Hotel Arts y la Torre Mapfre además de una multitud de comercios, bares, restaurantes y discotecas que lo hace una de las zonas más concurridas de la ciudad debido a la cantidad de servicios que ofrece el puerto con varias empresas dedicadas al turismo que alquilan veleros y motos náuticas.

En sus proximidades hay varias instalaciones importantes como la torre Mare Nostrum, sede de la empresa energética Gas Natural, un campus de la Universitat Pompeu Fabra, el Parque de Investigación Biomédica de Barcelona y el Zoo de Barcelona. Todo ello hace que el ambiente cerca del puerto sea siempre frenético y su actividad sea constante durante todo el año, aunque en verano aumenta debido a la gran afluencia de turistas en Barcelona.

El puerto es muy parecido a los ya comentados anteriormente ya que lo forman 3 diques de más de 10 metros de altura. Lo que permite un buen refugio a las embarcaciones en caso de temporal en sus muelles más interiores. En caso de temporal con viento fuerte del Sur, puede entrar un poco de resaca dentro del dique de Poblenou (el más exterior) pero la dársena formada los muelles de La Marina, Mestral, Gregal y Xaloc se verá poco afectada.

Consta de 740 amarres de entre 7 y 30 metros de eslora y un muelle de espera de 35 metros de eslora y 8 de manga. El puerto está dragado y tiene un calado de 6 metros en la bocana y en el muelle de espera y de entre 3 y 2,5 en la dársena.

Para la navegación en su interior, están dispuestas varias balizas y farolas en la bocana y el interior del puerto:

- Dique sumergido – Bocana:
  - Localización: I= 41º 23,02' N; L= 002º 12,06' E

- 3 destellos de color verde cada 8 segundos
- 8 metros de altura sobre el nivel del mar
- Alcance de 5 millas náuticas
- Dique sumergido - Ginebra:
  - Localización: I= 41º 22,89' N; L= 002º 11,93' E
  - 3 destellos de color rojo cada 8 segundos
  - 8 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 3 millas náuticas
- Dique de Poblenou - Rompeolas:
  - Localización: I= 41º 23,03' N; L= 002º 11,98' E
  - 4 destellos de color verde cada 8 segundos
  - 2 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica
- Contradique:
  - Localización: I= 41º 23,08' N; L= 002º 11,94' E
  - 4 destellos de color rojo cada 8 segundos
  - 3 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica
- Espigón de la playa de la Barceloneta:
  - Localización: I= 41º 23,06' N; L= 002º 11,89' E
  - Centelleo rápido de color rojo
  - 3 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica
- Dique sumergido Espaldón:
  - Localización: I= 41º 28,51' N; L= 002º 18,80' E
  - 3 destellos rápidos de color amarillo cada 10 segundos
  - 8 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
  - El espeque está pintado como una marca cardinal Este (color negro con una franja horizontal amarilla en el centro) por lo que tiene una marca de dos conos de color negro unidos por sus bases

Al estar situado en Barcelona, su accesibilidad y oferta de transportes públicos es máxima ya que dispone de la parada de Metro y Trambesós de “Ciutadella – Villa Olímpica” (L4) en sus proximidades que le permite una conexión directa con el centro. Además, a unos 500 metros del puerto está situada la Estació de França, una de las más importantes de Barcelona y la estación de dónde parten y llegan las líneas de cercanías R2 además de otros trenes regionales. Mediante autobús, la TMB tiene una parada cercana al puerto con las líneas 10, 17, 36, 41, 45, 59, 71, 92, 157, N6, N8 y N0.



En cuanto al automóvil, el puerto está en el extremo de la calle Marina, una de las más concurridas de Barcelona, y la Ronda Litoral pasa justo por detrás del puerto por lo que su conexión con las poblaciones adyacentes a Barcelona es excelente.

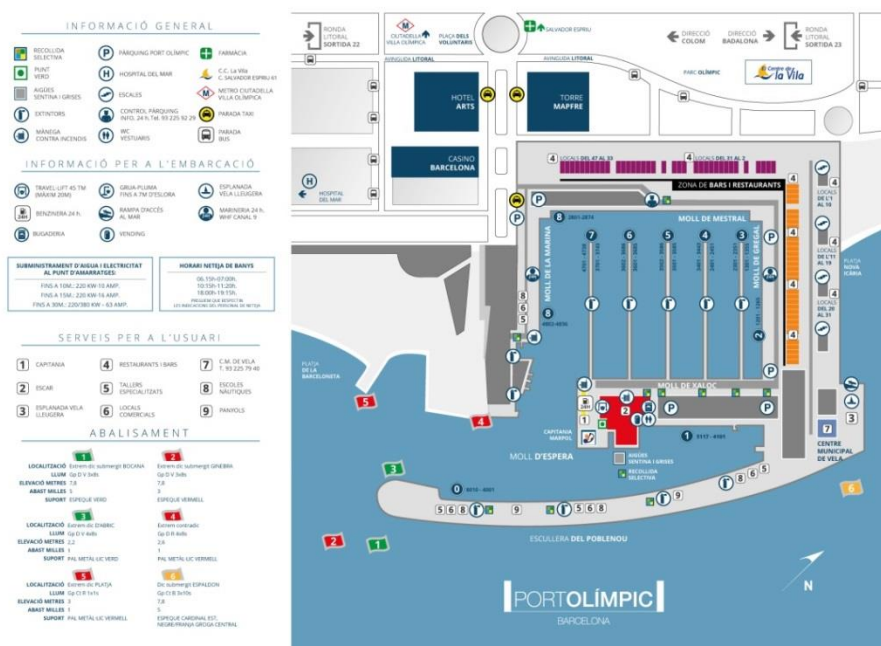


Figura 25: Mapa del Port Olímpic  
Fuente: <http://www.portolimpic.es/>

### 3.9.- Port Vell

El puerto de Barcelona es uno de los más importantes de España junto con Valencia y Algeciras. En él hacen escala los más grandes portacontenedores del mundo y dispone de una de las estaciones de hidrocarburos de mayor envergadura del Mediterráneo. En el tráfico de cruceros turísticos ocupa el primer lugar en el Mediterráneo y desde él parten los mayores cruceros del mundo. El puerto de Barcelona es, por lo tanto, un puerto de referencia a nivel mundial algo de lo que la ciudad se ha beneficiado enormemente.

Su parte más antigua, el Port Vell tiene su origen en la fundación de la colonia romana Barcino cuyo comercio marítimo fue muy importante para el desarrollo de la ciudad y para establecer comunicación con el resto de territorios del Imperio romano. Hasta hace relativamente poco tiempo fue un puerto comercial con un gran tráfico de mercancías pero la necesidad de ampliación y construcción de nuevas infraestructuras adaptadas a nuevas generaciones de buques cada vez más grandes hizo que en los años 80 se dejara de utilizar con fines comerciales y se empezara a convertir en un puerto deportivo y pesquero que es en lo que se ha convertido hoy en día.

Sin lugar a dudas el Port Vell es uno de los atractivos de la ciudad y es el centro de muchas actividades que se celebran en Barcelona. En sus cercanías están dispuestos varios de los edificios más reconocidos de la ciudad además de centros comerciales y centros de conferencias como el *Maremagnum* y el *World Trade Center* respectivamente.

Dentro de este estudio, es el puerto con menos restricciones de calado y eslora de amarres. Los amarres pueden alcanzar los 150 metros de eslora y el calado en bocana es de 12 metros reduciéndose a 8 en los muelles interiores.

Tras la apertura en el año 2002 de la Bocana Norte, el puerto dispone de dos bocanas por las cuales sólo ésta está destinada al tráfico de embarcaciones de recreo y de pesca, reservándose el acceso por el Sur a buques mercantes. Estas dos bocanas están señaladas mediante las boyas de recalada Sierra (Sur) y November (Norte) además de disponer de dos dispositivos de separación de tráfico con el fin de ordenar el tráfico entre buques de mayor eslora. Las embarcaciones mayores de 20 metros de eslora deberán navegar dentro del dispositivo de separación de tráfico cuando estén saliendo o entrando a puerto. Las características de estas boyas son las siguientes:

- Boya November:
  - Posición:  $I = 41^{\circ} 20,03' N$ ;  $L = 002^{\circ} 12,98' E$
  - Destello largo de color blanco cada 10 segundos
  - Tiene como marca de tope dos bolas rojas y tiene forma de castillete
  - Alcance de 10 millas náuticas
- Boya Sierra:
  - Posición:  $I = 41^{\circ} 16,91' N$ ;  $L = 002^{\circ} 10,87' E$
  - Señal morse A (destello corto más uno largo) de color blanco cada 10 segundos
  - Tiene como marca de tope dos bolas rojas y tiene forma de castillete
  - Alcance de 10 millas náuticas

El sistema de balizamiento interior es muy complejo con más de 20 luces y farolas sin embargo destacan dos por encima del resto el Faro del Llobregat y el Faro de Montjuic.

- Faro del Llobregat:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 19,50' N$ ;  $L = 002^{\circ} 09,13' E$
  - 1 destello de color blanco cada 5 segundos
  - Elevación del plano focal 32 metros
  - Alcance de 23 millas náuticas
  - Arco de visibilidad:  $030^{\circ} - 240^{\circ}$  (Demora verdadera)
- Faro de Montjuic:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 21,66' N$ ;  $L = 002^{\circ} 09,96' E$



- 2 destellos de color blanco cada 15 segundos
- Elevación del plano focal 108 metros
- Alcance de 26 millas náuticas
- Arco de visibilidad: 240,5º - 66,6º (Demora verdadera)



Figura 26: Vista aérea del Puerto de Barcelona

Fuente: <http://www.lavanguardia.com/>

Su comunicación con la ciudad es extensa: en su extremo occidental está situada la estación de Metro de Drassanes por donde pasa la L3 que conecta con el centro de la ciudad. En su extremo Norte se encuentra la estación de la Barceloneta donde la línea L4 del Metro hace parada. Esta estación es una de las más concurridas de Barcelona y conecta con el centro de la ciudad (Passeig de Gràcia) y también con toda la fachada marítima de Barcelona alcanzando el Fórum. En las cercanías de esta estación de Metro, se encuentra la *Estació de França* desde la cual parten los ferrocarriles de cercanías de la línea R2 de Renfe además de otros trenes regionales.

### 3.10.- Port Ginesta

El Port Ginesta es el puerto situado en la comarca de El Garraf más cercano al puerto de Barcelona que se encuentra a unas 18 millas al NE. Su población más cercana es la Urbanización Vallbona y Les Botigues de Sitges que están a unos centenares de metros. En estas localidades están situadas las playas de Castelldefels por lo que en verano el flujo de turistas es constante. Además cuenta con una amplia zona comercial con bares, pubs y restaurantes lo que hace que en los meses de verano el ambiente esté animado todo el día y gran parte de la noche.

El puerto fue inaugurado en 1986 y ampliado en 2007 convirtiéndose en el puerto deportivo con mayor capacidad de amarres del litoral barcelonés con 1442 amarres comprendidos entre los 6 y los 24 metros aunque con el permiso de la Capitanía del puerto se puede acceder con embarcaciones de mayor eslora. La gasolinera dispone de un muelle de 30 metros. En la bocana el calado es de entre 7 y 8 metros que se reduce a 5 para los amarres de gran eslora mientras que en los pantalanes interiores se reduce a los 2,5 metros. Su construcción permite un buen refugio para temporales con vientos del E y SE pero si los vientos vienen del tercer cuadrante se puede formar resaca dentro del puerto.

Para acceder al puerto por mar en la bocana hay dispuestas dos luces, una verde y una roja la señalan. En el extremo NE del dique de abrigo, hay una marca cardinal Sur que indica la presencia del espigón de la Punta de Vallbona. Las luces presentan las siguientes características:

- Dique de abrigo:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 15,34' N$ ;  $L = 001^{\circ} 55,24' E$
  - 2 destellos de color verde cada 10 segundos
  - 8 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
- Contradique:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 15,38' N$ ;  $L = 001^{\circ} 55,26' E$
  - 2 destellos de color rojo cada 10 segundos
  - 5 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 3 millas náuticas
- Punta de Vallbona:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 15,53' N$ ;  $L = 001^{\circ} 55,80' E$
  - 6 destellos rápidos más 1 destello largo cada 15 segundos
  - 5 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 3 millas náuticas
  - El espeque está pintado como una marca cardinal Sur, su parte superior está pintada de color amarillo y la inferior de color negro. Tiene una marca de dos conos de color negro apuntando hacia abajo



Figura 27: Portulano de Port Ginesta y disposición de luces

Fuente: <http://quias.masmar.net/>

Para acceder al puerto está la autopista de peaje C-32. La instalación está bien comunicada con Castelldefels que tiene una línea de autobuses urbanos que tienen una parada cercana al puerto. Para acceder mediante ferrocarril está más complicado aunque tiene la estación de “Platja de Castelldefels” a unos 2 kilómetros por donde circulan los trenes de la línea R2 de cercanías.

### 3.11.- Puerto de El Garraf

El puerto de El Garraf está situado en el pequeño núcleo de Garraf de 350 habitantes. La historia del puerto de El Garraf se remonta a inicios del siglo XX cuando se establecieron en el pueblo varias familias de pescadores y durante esos primeros años se dedicó a dar servicio a las embarcaciones de pesca y a la exportación de piedra de El Garraf hacia el puerto de Barcelona. Esta actividad cesó en 1918 con el cierre de la cantera pasando exclusivamente a dar servicio a los pescadores.

El mayor problema de esta instalación es la falta de zona comercial lo que hace que la afluencia de público sea mucho menor que la de Port Ginesta o el puerto de Sitges – Aiguadolç además de encontrarse muy aislado de la zona turística de Sitges y los residenciales que envuelven el Port Ginesta. A pesar de ello el pueblo dispone de estación de ferrocarril por la que hacen parada los trenes de la línea R2 de cercanías. El acceso en automóvil también es complicado ya que se tiene que circular por la carretera C-31 que conecta Barcelona con Calafell que es bastante tortuosa. También se puede llegar por la autopista de peaje C-32.

En la actualidad, la instalación está gestionada por el Club Náutico de El Garraf y dispone de 530 amarres de entre 6 y 20 metros con un calado de entre 3 y 2,5 metros

en el interior y de 4 metros en la bocana. Dispone de dos luces que indican la bocana, de las siguientes características:

- Muelle de Levante:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 14,92' N$ ;  $L = 001^{\circ} 53,94' E$
  - 3 destellos de color verde cada 9 segundos
  - 7 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
- Muelle de Poniente:
  - Localización:  $I = 41^{\circ} 14,96' N$ ;  $L = 001^{\circ} 53,99' E$
  - 3 destellos de color rojo cada 9 segundos
  - 4 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 3 millas náuticas



Figura 28: Portulano del puerto de El Garraf

Fuente: <http://quias.masmar.net/>

### 3.12.- Puerto de Sitges – Aiguadolç

El puerto de Aiguadolç está ubicado en el extremo oriental de la ciudad de Sitges y es uno de los puertos de referencia de esta parte del litoral de Barcelona. Construido durante los años 70 (la infraestructura actual) disfruta de una larga historia y ha sido desde sus orígenes el puerto más concurrido de la comarca. Al estar en el corazón de Sitges ofrece una gran variedad de servicios como discotecas y restaurantes por lo que su relación con la ciudad es excelente. Debido a su atractivo turístico se construyó un barrio residencial justo en frente del puerto que incluye tres hoteles, un centro de convenciones, varios comercios náuticos y un paseo marítimo que enlaza con el casco histórico de la ciudad.

Tiene una capacidad para 742 embarcaciones de hasta 32 metros de eslora con un calado de 5 metros en la bocana y 3,5 en su interior. Para indicar la bocana del puerto están dispuestas dos luces de las siguientes características:

- Dique de abrigo:
  - Localización:  $I= 41^{\circ} 13,93' N$ ;  $L= 001^{\circ} 49,44' E$
  - 1 destello de color verde cada 5 segundos
  - 12 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
- Contradique:
  - Localización:  $I= 41^{\circ} 14,01' N$ ;  $L= 001^{\circ} 49,48' E$
  - 1 destello de color rojo cada 5 segundos
  - 12 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 3 millas náuticas



*Figura 29: Puerto de Sitges y su entorno*  
*Fuente: [www.acpet.es](http://www.acpet.es)*

Sitges está muy bien comunicada con toda la región metropolitana de Barcelona mediante varias líneas de autobús y la estación de ferrocarril dónde hacen estación los trenes de la línea R2 de cercanías además de varias líneas de ferrocarriles regionales que conectan Barcelona con demás poblaciones de la provincia de Tarragona.

Para acceder mediante automóvil, al igual que en los demás puertos, se puede llegar mediante la autopista de peaje C-32, la carretera comarcal C-31 y la autopista A-7.



### 3.13.- Puerto de Vilanova i la Geltrú

Vilanova i la Geltrú es una localidad situada a 42 km de Barcelona y a 50 km de Tarragona con una población cercana a los 66.000 habitantes siendo la población más importante de la comarca de El Garraf.

Su puerto es uno de los mayores puertos deportivos del litoral catalán y dispone de tres dársenas: una comercial, una pesquera y una deportiva.

La dársena comercial dispone de dos grandes muelles en la que en los meses de verano atracan algunos cruceros turísticos de pequeña y mediana eslora. El muelle de la Geltrú tiene una eslora de 198 metros y un calado de 7 metros mientras que el muelle de Baix a Mar dispone de 272 metros y un calado de 8 metros, al igual que en la bocana. En estos atraques es común también ver algunos buques mercantes durante todo el año ya que dispone de varios medios de estiba como grúas con cucharas para graneles sólidos y grúas con spreader para manejo de contenedores. Los buques mercantes que visitan el puerto son de pequeño tamaño y en muchas ocasiones no disponen de los medios de estiba para cargar o descargar la mercancía. Esta dársena está situada en la zona más exterior del puerto.

Las dársenas pesquera y deportiva están situadas en el interior. La primera dispone de hasta 5 muelles de similares dimensiones donde atraca toda la flota pesquera de Vilanova. Entre todos los muelles suman 1.080 metros lineales.

Por su parte, la dársena deportiva está situada al Oeste de la pesquera y en ella está situado el Club Náutic de Vilanova. Esta institución ofrece una gran cantidad de servicios a las embarcaciones de recreo además de poder alojar grandes yates en su dársena dedicada a grandes esloras. En total dispone de 840 amarres de entre 6 y 30 metros de eslora con un calado de 3 metros. Sus luces y ayudas a la navegación son las siguientes:

- Bocana – Espigón de Levante:
  - Localización: I= 41º 12,36' N; L= 001º 43,78' E
  - 2 destellos de color verde cada 7 segundos
  - 18 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 5 millas náuticas
- Bocana – Contradique:
  - Localización: I= 41º 12,48' N; L= 001º 43,74' E
  - 2 destellos de color rojo cada 7 segundos
  - 15 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 3 millas náuticas
- Dársena para grandes esloras:
  - Localización: I= 41º 12,61' N; L= 001º 43,86' E

- 3 destellos de color rojo cada 10 segundos
- 9 metros de altura sobre el nivel del mar
- Alcance de 1 milla náutica
- Arco de visibilidad: 122º - 032º (Demora verdadera)
- Muelle Sur – Dársena comercial:
  - Localización: I= 41º 12,66' N; L= 001º 44,06' E
  - 3 destellos de color rojo cada 10 segundos
  - 5 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica
- Espigón transversal:
  - Localización: I= 41º 12,77' N; L= 001º 44,05' E
  - 2 + 1 destellos de color rojo cada 15 segundos
  - 9 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica
- Espigón de la pesca:
  - Localización: I= 41º 12,81' N; L= 001º 44,05' E
  - 4 destellos de color rojo cada 11 segundos
  - 9 metros de altura sobre el nivel del mar
  - Alcance de 1 milla náutica
- Club Náutico – Boya:
  - Localización: I= 41º 12,77' N; L= 001º 43,89' E
  - 2 + 1 destellos de color verde cada 15 segundos
  - Alcance de 1 milla náutica

En el extremo del espigón de Levante está situado el Faro de San Cristóbal; el primero que encontramos desde Barcelona. Ofrece las siguientes características:

- Localización: I= 41º 13,02' N; L= 001º 44,22' E
- 3 destellos de color blanco cada 8 segundos
- Elevación del plano focal 27 metros
- Alcance de 19 millas náuticas
- Arco de visibilidad: 265º - 070º (Demora verdadera)

Los accesos a Vilanova desde Barcelona son diversos; se puede alcanzar la población por la autopista de peaje C-32 o por la carretera de El Garraf C-31. También se puede acceder por la A-7. Mediante ferrocarril la línea de cercanías R2 tiene parada en Vilanova y se puede llegar a Barcelona 1 hora de trayecto.



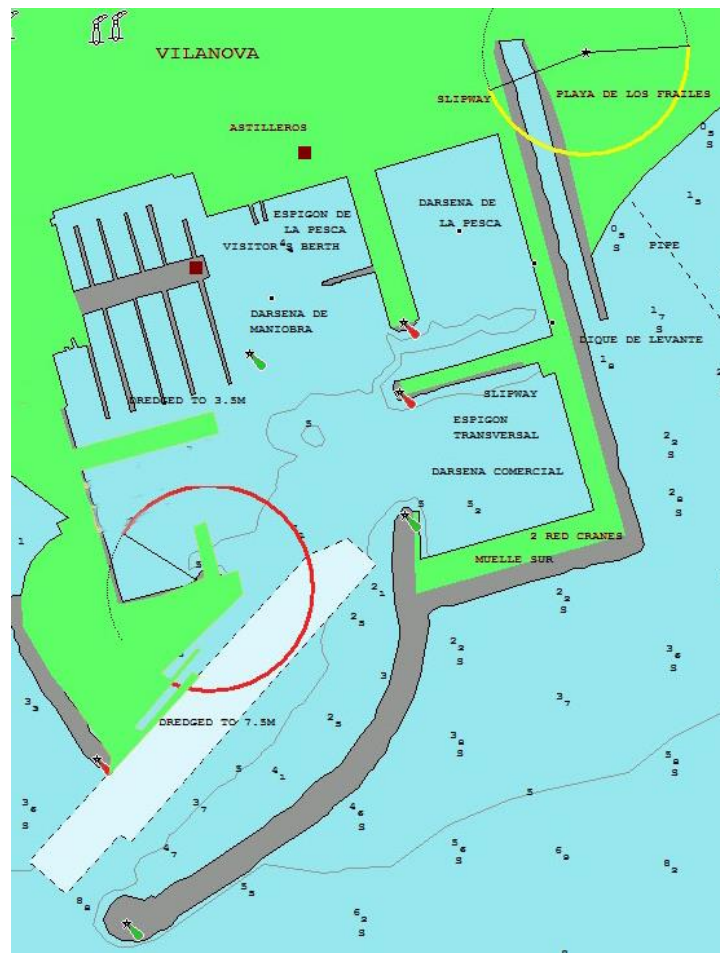


Figura 30: Portulano del puerto de Vilanova i la Geltrú

Fuente: <http://quias.masmar.net/>

	Eslora máxima de amarre	Calado en la bocana	Calado en amarres de mayor eslora	Gasolinera	Localidad más cercana y distancia	Población
<b>Arenys de Mar</b>	Sin límite en la dársena pesquera	6 m	4 m	Sí	Arenys de Mar	15.283
<b>Port Balís</b>	> 30 m en la gasolinera	4,5 m	4,5 m	Sí	A 2 km de St. Andreu de Llanerers	10.663
<b>Mataró</b>	30 – 40 m	7 m	5 m	Sí	Mataró	125.517
<b>Premià de Mar</b>	30 m	6 m	6 m	Sí	Premià de Mar	27.866
<b>El Masnou</b>	25 – 30 m en la gasolinera	6 m	6 m	Sí	El Masnou	23.119
<b>Badalona</b>	30 – 40 m	10 m	8 m	Sí	< 1 km de Badalona	215.634
<b>Port Fórum</b>	80 m	6 m	6 m	Sí	Barcelona	1.608.746
<b>Port Olímpic</b>	30 – 35 m	6 m	6 m	Sí		
<b>Port Vell</b>	150 m	12 m	10 m	Sí		
<b>Port Ginesta</b>	30 m	7 m	4 m	Sí	A 2 km de Les Botigues de Sitges	2183
<b>El Garraf</b>	18 m	4 m	3 m	Sí	El Garraf	356
<b>Sitges</b>	32 m	5 m	5 m	Sí	Sitges	28.478
<b>Vilanova i la Geltrú</b>	272 m en el Moll de Baix a Mar	8 m	7 m	Sí	Vilanova i la Geltrú	65.972

Tabla 2: Resumen de las principales características de interés de los puertos de la región metropolitana de Barcelona

Fuente: Elaboración propia

	Arenys de Mar	Port Balís	Mataró	Premià de Mar	El Masnou	Badalona	Port Fórum	Port Olímpic	Port Vell	Port Ginesta	El Garraf	Sitges	Vilanova
Arenys de Mar		2,7'	6,2'	10,3'	12,9'	16,7'	17,9'	19,9'	23,3'	36,7'	37,9'	41,4'	45,9'
Port Balís	2,7'		3,6'	7,8'	10,4'	14,2'	15,4'	17,4'	20,8'	34,3'	35,4'	39'	43,5'
Mataró	6,2'	3,6'		4,6'	7,2'	10,9'	12,1'	14,1'	17,6'	31,1'	32,2'	35,9'	40,4'
Premià de Mar	10,3'	7,8'	4,6'		2,8'	6,6'	7,8'	9,9'	13,6'	27,3'	28,2'	31,9'	36,4'
El Masnou	12,9'	10,4'	7,2'	2,8'		4,1'	5,4'	7,6'	10,8'	25,3'	26,4'	30'	35'
Badalona	16,7'	14,2'	10,9'	6,6'	4,1'		1,6'	3,8'	7,3'	21,9'	22,9'	27'	32'
Port Fórum	17,9'	15,4'	12,1'	7,8'	5,4'	1,6'		2,3'	3,9'	20,5'	21,5'	25,6'	30,7'
Port Olímpic	19,9'	17,4'	14,1'	9,9'	7,6'	3,8'	2,3'		2,1'	19,1'	20,2'	24,3'	28,9'
Port Vell	23,3'	20,8'	17,6'	13,6'	10,8'	7,3'	3,9'	2,1'		18,1'	19,3'	22,8'	27,1'
Port Ginesta	36,7'	34,3'	31,1'	27,3'	25,3'	21,9'	20,5'	19,1'	18,1'		1,2'	4,9'	9,5'
El Garraf	37,9'	35,4'	32,2'	28,2'	26,4'	22,9'	21,5'	20,2'	19,3'	1,2'		3,7'	8,5'
Sitges	41,4'	39'	35,9'	31,9'	30'	27'	25,6'	24,3'	22,8'	4,9'	3,7'		4,5'
Vilanova	45,9'	43,5'	40,4'	36,4'	35'	32'	30,7'	28,9'	27,1'	9,5'	8,5'	4,5'	

Tabla 3: Distancia entre puertos de la región metropolitana de Barcelona. Distancias en millas náuticas  
Fuente: Elaboración propia

## Capítulo 4: Tipos de buques y terminales

El hecho de tener que competir directamente con medios de transporte como el automóvil o el ferrocarril en una misma ruta hace que la velocidad sea el principal factor a tener en cuenta para poder ejercer una competencia directa y que la diferencia entre los tiempos de viaje de los medios de transporte terrestre y marítimo sean mínimos.

En la actualidad los únicos buques capaces de alcanzar estas cotas de rendimiento son las naves de gran velocidad o *high speed crafts* (HSC por sus siglas en inglés).

En este apartado se estudian los buques de alta velocidad que se pueden utilizar en una línea de USSS en la región metropolitana de Barcelona así como la normativa internacional que se les aplica.

### 4.1.- Normativa aplicable a los buques de alta velocidad

Los buques o naves de gran velocidad (HSC) son buques de alto rendimiento mecánico por lo que no se les puede aplicar la misma normativa que a cualquier otro buque convencional en materias de seguridad. Estos buques empezaron a navegar entre los años 70 y 80 y sus características especiales obligaron a la IMO a adoptar una nueva regulación internacional que vio la luz mediante el Capítulo X del Convenio SOLAS.

El Convenio SOLAS es el convenio internacional más importante sobre la seguridad de los buques. Entre sus múltiples capítulos y códigos está el Capítulo X que trata exclusivamente sobre las medidas de seguridad aplicables a las naves de gran velocidad que se implementan mediante el Código DSC de 1977 y el Código HSC 2000.

Estos dos códigos difieren en varios aspectos fundamentales. El primero de ellos, fue aprobado mediante la resolución A 373 (X) en noviembre de 1977 y fue el primero que reguló la construcción y medidas de seguridad de estos buques que en aquellos años hacía poco tiempo habían aparecido. Este código se centraba en gran medida en las naves de sustentación dinámica, una definición que hoy en día no se corresponde exactamente con la que presenta el HSC 2000 debido al gran avance tecnológico que se produjo durante los años 80 y 90 en la construcción de buques de alta velocidad. Además, el código limitaba mucho la distancia a la que un buque DSC se podía alejar de la costa (100 millas) ya que el concepto tal y como estaba definido (y por el tipo de construcción de las embarcaciones en aquellos años) comprendía esloras de entre 20 y 40 metros por lo que una vez se empezaron a construir buques de mayor capacidad las prescripciones del código se quedaron cortas.

En sustitución del Código DSC, en 1994 se aprobó el Código HSC. El HSC 1994 se aplica a los buques de alta velocidad cuya construcción sea posterior o igual al 1 de enero de 1996 pero anterior al 1 de enero de 2002. Este código tampoco sería definitivo ya que el Comité de Seguridad Marítima (MSC) de la IMO decidió aplicar nuevas medidas de seguridad relativas al equipamiento del buque debido a la incorporación de nuevos sistemas como el Voyage Data Recorder (VDR) y Automatic Identification System (AIS) estableciendo el Código HSC 2000 que entró en vigor el 1 de enero de 2003.

Esta nueva publicación define “embarcación de alta velocidad” como *aquella nave cuya velocidad máxima<sup>22</sup> (en m/s) sea igual o superior a  $3,7 \times \nabla^{0,1667}$* . Otra diferencia sustancial es el ámbito de aplicación que se adapta mucho mejor a las embarcaciones actuales. El Código de aplica a:

- Naves de gran velocidad que realicen viajes internacionales
- Naves de pasaje en el curso de su viaje no estén a más de 4 horas de un lugar de refugio a velocidad de servicio
- Naves de carga de arqueo bruto igual o superior a 500 TRB que en el curso de su viaje no estén a más de 8 horas de un lugar de refugio a velocidad de servicio

El HSC 2000, además, establece 3 categorías distintas de embarcaciones de alta velocidad: categoría A, categoría B y de carga:

- Categoría A: Naves de pasaje de menos de 450 pasajeros de capacidad que por la ruta que realizan si se da la necesidad de evacuar la nave en cualquier punto de la ruta, ésta se pueda hacer en un tiempo prudencial que la Administración crea satisfactorio sin superar las 4 horas. Este tiempo será adecuado a las condiciones ambientales normales de la ruta.
- Categoría B y de carga: Naves de pasajes no clasificadas como de Categoría A y naves de carga que no cuentan con la facilidad de acceder a los medios terrestres con las que cuentan las naves Categoría A. Esta categoría hace referencia a las naves de gran velocidad que operan a gran distancia de la costa. Soportan una normativa de seguridad más estricta que las naves de Categoría A.

Este tipo de buques siempre han estado en continuo desarrollo lo que ha propiciado la aparición de nuevos prototipos cada vez más rápidos y ligeros. En la actualidad el mercado de buques de pasaje de alta velocidad está dominado por catamaranes cuya ventaja principal sobre los monocascos es una mayor manga que permite alojar más pasajeros por una misma eslora.

<sup>22</sup>  $\nabla$  es el desplazamiento expresado en metros cúbicos correspondiente a la línea de flotación del proyecto.

A parte de los catamaranes y naves monocasco existen varios tipos de HSC como las hidroalas o los buques de efecto superficie.

## 4.2.- Buques de semidesplazamiento

Los buques de semidesplazamiento son los HSC más comunes a la vez que los más sencillos de construir y explotar y disponen de una mecánica mucho más sencilla que los buques de efecto superficie o los hidroalas.

Pueden darse en varias estructuras distintas siendo las más comunes los monocascos, y los catamaranes.

Los monocascos son los que más parecido guardan a los buques convencionales aunque su construcción es muy diferente debido a que su casco tiene un rendimiento hidrodinámico muy elevado para aprovechar al máximo sus potentes motores. Su casco suele ser de aluminio para reducir peso ya ganar rendimiento aunque también existen algunos modelos contruidos en acero. La propulsión depende en gran medida del naviero ya que para reducir gastos de mantenimiento algunas empresas se deciden por utilizar un sistema tradicional de ejes contra los más complejos sistemas de WaterJet; este último ofrece un mayor rendimiento a velocidades pero al maniobrar en puerto no ofrecen buenas prestaciones y son más propensos a sufrir averías.

Por su parte, los catamaranes están formados por dos cascos paralelos de igual tamaño que ofrecen una gran estabilidad transversal y confort. La motorización del catamarán es similar a la de un monocasco pudiendo también disponer de un sistema de ejes o WaterJet a elección del naviero. Su navegación es completamente diferente a la de los monocascos y ofrecen unas mejores ventajas en todos los aspectos:

- La escora del catamarán es muy reducida por lo que su comodidad es muy elevada frente a un monocasco
- Para una misma eslora puede transportar mayor cantidad de pasaje ya que su manga es mayor al albergar dos cascos
- Para una misma motorización el catamarán es más rápido al tener un menor calado y por ello menos fricciones



Figura 31: Buque monocasco “Alcántara” y catamarán “Milenium” de Trasmediterránea

Fuente: [www.buques.org](http://www.buques.org)

Aun con estas ventajas, el catamarán es mucho más sensible al desplazamiento y en navegación con mala mar tendrá que reducir mucho la velocidad ya que son mucho más sensibles al cabeceo situación en la que un buque monocasco puede hacer frente sin mayor problema gracias a su afilada proa.

#### 4.3.- Buques de efecto superficie

Los buques de efecto superficie son naves diseñadas para deslizarse por encima de una superficie a una mínima altura. Su principio de funcionamiento se basa en insuflar aire a presión por debajo del casco de tal forma que una vez se supera la fuerza de la gravedad que actúa sobre la embarcación, ésta emerge y flota sobre la superficie del mar. Para poder emerger se requiere de un colchón de aire por debajo del casco que se mantenga constante para mantener la elevación. Esto se consigue por medio de un sistema de potentes ventiladores que crea una bolsa de aire y sellando del volumen de aire entre el casco y la superficie del mar. Estos sellos suelen ser de goma o caucho por lo que cuando el sistema de elevación está funcionando se hincha.

Este colchón de aire no propulsa al buque sino que sólo lo mantiene por encima de la superficie por lo que necesita otro propulsor para navegar. Este propulsor consiste en uno o dos ventiladores instalados a popa que impulsan la nave. El gobierno de la misma se logra gracias a timones que dirigen el flujo del aire generado por los ventiladores hacia donde indica el timonel.



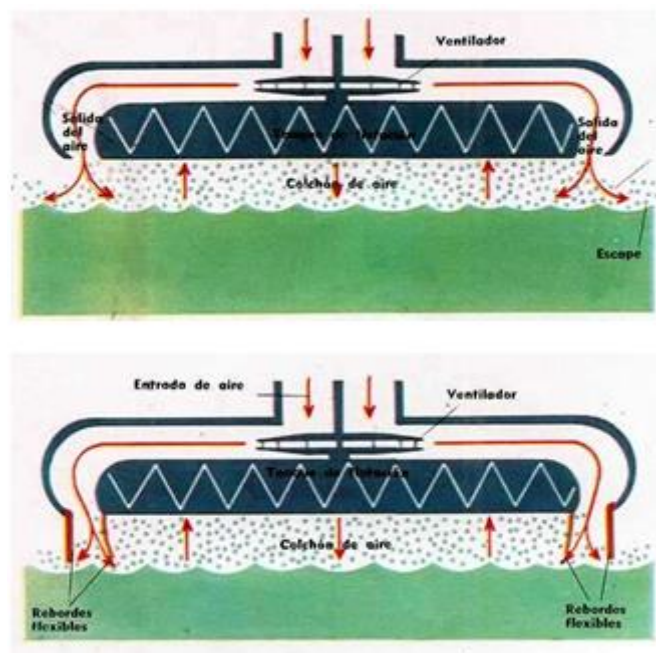


Figura 32: Principio de funcionamiento de los buques de efecto superficie

Fuente: <http://historiaybiografias.com/>

Como se puede ver en la figura 32, para cerrar la proa y la popa hay instalados unos rebordes que evitan que entre agua por proa y permiten que la presión sea la misma alrededor del sello.

Este diseño ofrece una serie de ventajas sobre los buques de semidesplazamiento:

- Alcanza con facilidad los 50 nudos sobre el mar cuando el catamarán más rápido del mundo, el “Francisco” de la naviera Buquebús, alcanza los 57 nudos con una propulsión específica por turbinas de gas. Los modelos más optimizados superan los 60 nudos
- La resistencia al avance mucho menor al tener el 80% del peso del buque soportado por el colchón de aire
- Menor potencia para una misma velocidad de servicio
- Mayor confort en navegación en buenas condiciones meteorológicas

A pesar de estas excelentes características, estas naves sufren serios inconvenientes para ser un modo de transporte eficaz:

- Muy mala maniobrabilidad y gobernabilidad. Al no tener calado, la fuerza del viento incide críticamente sobre su obra muerta y los cambios de rumbo a altas velocidades son muy amplios.
- Elevada contaminación acústica debido a la gran cantidad de aire movida por sus ventiladores

- Pobre navegabilidad en condiciones meteorológicas adversas. Con 2,5 metros de ola puede llegar a ser ingobernable. Las irregularidades de la superficie hacen que la presión constante de la bolsa de aire sobre la que se desplaza el buque pierda parcialmente su sustentación.
- La fragilidad del sello de goma hace que al mínimo impacto con algún obstáculo sólido pueda verse dañado.

Sin embargo, y a pesar de sus inconvenientes, estas naves ofrecen un excelente modo de transporte en:

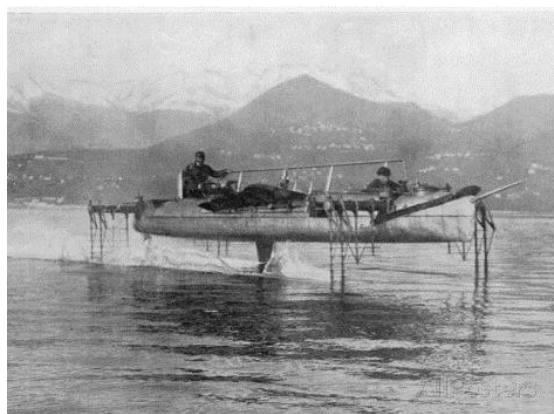
- Aguas someras, lagos o pantanos
- Rutas con buenas condiciones meteorológicas y de corto alcance
- Operaciones sobre el hielo
- Operaciones en las que se necesita una rápida intervención como en misiones de búsqueda y rescate

Sus especiales características hacen que sea más extendido su uso por militares que por civiles.

#### 4.4.- Buques hidroala

Los buques hidroala, también conocidos como *hydrofoils*, son buques de alta velocidad que se diferencian de los buques convencionales en que en su casco hay instalados varias piezas en forma de ala. Impulsados por jets su casco sobresale del agua cuando navegan a velocidades elevadas gracias a una serie de planos de sustentación que, sumergidos bajo el agua, hacen que el buque se eleve por el mismo principio que el de un ala de un avión. Debido a su forma, unida a la disminución de la presión que se forma sobre la misma, genera una fuerza de sustentación opuesta al peso de la nave y una vez alcanzada cierta velocidad es suficiente para elevar completamente el casco sobre el agua.

Este diseño revolucionario data de 1906 cuando un ingeniero italiano, Enrico Forlanini, construyó un buque con un soporte inferior el cual disponía de un ala que levantaba el casco de la embarcación por encima de la superficie al navegar a alta velocidad. El primer prototipo alcanzó los 35 nudos de velocidad con un pequeño motor de 45 kW cuando en aquella época los buques más rápidos alcanzaban los 25 nudos como máximo por lo que se demostró de inmediato el potencial de este sistema de propulsión.



*Figura 33: Hidroala de Forlanini, 1906*

Fuente: <http://www.allposters.com/>

A pesar de su prometedora evolución nunca se han terminado de establecer definitivamente en el mercado europeo debido a su delicada y cara tecnología aunque algunas navieras italianas y griegas siguen operando con algunos de ellos. En China, Singapur y Rusia han tenido cierto éxito y siguen operando en lagos, ríos y rutas de corto recorrido. En su lugar se han hecho con el mercado buques de menor rendimiento como catamaranes pero tecnológicamente más conservadores y sencillos de operar.

En todo su desarrollo han existido varios tipos de hidroalas pero en la actualidad solamente existen dos: los hidroalas con ala portante totalmente sumergida y los hidroalas con ala portante semisumergida. Los primeros utilizan el sistema de proa para maniobrar y el de popa para propulsión que siempre será waterjet. Mientras tanto, los segundos pueden tener diferentes configuraciones con propulsión por waterjet o por eje.

Estos buques navegan muy bien en línea recta pero a la hora de cambiar de rumbo a alta velocidad tienden a escorar por lo que se limita el radio de giro mediante un sistema de control activo para evitar que los waterjets queden sin agua debido a la escora.

Las principales ventajas que ofrecen estos buques son:

- Poca generación de olas debido a la que el casco está suspendido en el aire
- Poca pérdida de velocidad por olas. Su comportamiento es bueno hasta con olas de 3-4 metros por lo que la anulación de sus servicios suele ser excepcional además de ofrecer una gran puntualidad en las líneas que operan
- Pequeña eslora lo que permite operar en pequeños puertos donde buques más grandes sufren restricciones
- Desaparecen prácticamente todos los movimientos de cabeceo y balanceo lo que hace que estos buques sean muy cómodos para el pasaje

- Superan la maniobrabilidad en altas velocidades a buques convencionales
- Bajo consumo para una velocidad comprendida entre los 35 – 50 nudos

Su velocidad queda limitada a 50 nudos ya que navegar a velocidades superiores puede hacer aparecer el fenómeno de cavitación generando ruido y dañando los sistemas de sustentación.

Aun disponiendo de estas excepcionales características, este tipo de propulsión implica una complejidad técnica que acarrea costes constructivos y unos requerimientos de inspección altamente rigurosos, lo que lleva a mayores costes de explotación. Dichos problemas junto con la mejora de otros tipos de aplicaciones náuticas han hecho prácticamente abandonar este concepto. Sin embargo, algunos modelos, aún en activo, han tenido un gran éxito como es el Boeing 929 diseñado en los años 70 y que aún hoy en día siguen operando algunas unidades en Hong Kong.



Figura 34: Hidroalas de diferentes generaciones: uno con sistema de propulsión por ejes y otro mediante waterjets

Fuente: <http://www.darkroastedblend.com/> y <http://indianexpress.com/>

#### 4.5.- El proyecto SF-Breeze

El SF-Breeze es un proyecto cuyo objetivo es determinar la viabilidad técnica y económica de la construcción de un buque de alta velocidad propulsado únicamente por células de hidrógeno. La investigación comenzó en 2014 cuando el presidente de la compañía *Red and White Fleet*, una naviera que realiza viajes turísticos en la Bahía de San Francisco, propuso a los laboratorios Sandia de California que realizaran un estudio para la construcción de un buque que eliminara por completo las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y fuese económicamente viable para competir con los demás transportes disponibles de la Bahía de San Francisco. Este informe se publicó a finales de 2016 con el nombre de *Feasibility of the SF-BREEZE: a Zero Emission, Hydrogen Fuel Cell High Speed Passenger Ferry*. El ferry está concebido para realizar rutas por la mañana y por la tarde con el inconveniente de tener que repostar entre viaje y viaje. El proyecto fue apoyado por la sociedad de clasificación ABS que verificó

que el diseño cumpliría con las regulaciones aplicables lo cual se comprobó y se dio luz verde al proyecto por lo que una vez acabado el informe de viabilidad se procederá al diseño y construcción de la nave.

Al principio se pensó en la posibilidad de modificar un buque ya existente y establecerlo como prototipo de pruebas pero debido a la gran cantidad de espacio necesario para alojar las células de hidrógeno se determinó realizar un diseño adecuado a las necesidades del proyecto.

A pesar de que en la actualidad ya existen buques propulsados mediante células de hidrógeno, tienen el inconveniente de que son muy pequeños y demasiado lentos para su uso comercial debido a que esta tecnología es muy novedosa y aún se encuentra en fase experimental.

En el proyecto SF-Breeze se exponen los requisitos necesarios para salvar los problemas que impiden que un buque de estas características pueda ser rentable. Los dos principales son el peso de las pilas de hidrógeno, que son más pesadas que los motores diésel de la misma potencia y cómo repostar el buque ya que no existen infraestructuras donde estos buques puedan abastecerse.

Como especificaciones técnicas básicas, el naviero pensó en un buque de una eslora de entre 30 y 40 metros que fuese capaz de mantener una velocidad de crucero de 35 nudos el 60% del tiempo de viaje. La potencia requerida para impulsar el ferry es de 4400 kW, con uno o varios motores por eje, mediante Waterjets. El buque debe de ser capaz de realizar cuatro viajes de 50 millas náuticas cada día por lo que en total debe ser capaz de recorrer hasta 200 millas por día. Teniendo en cuenta las especificaciones de velocidad, 130 de estas 200 millas se deben navegar a 35 nudos.

El peso de las pilas de hidrógeno se puede solucionar montando motores de una mayor potencia y mediante un diseño tipo catamarán que puede navegar a una mayor velocidad que un buque monocasco del mismo tonelaje y potencia.

El problema del repostaje entre viaje y viaje es algo más complejo ya que requiere la necesidad de construir una infraestructura que abastezca al buque dos veces al día; una vez a mediodía entre los viajes de la mañana y los viajes de la tarde y otra vez al atardecer al acabar la jornada. El consumo será de 1 tonelada al día por lo que, según el proyecto, se construirá una planta de servicio con capacidad de suministrar 1,5 toneladas al día de H<sub>2</sub>.

Ya en el campo económico, un buque de estas características tendrá un coste cerca del doble que un ferry de diésel similar, debido al precio del sistema de celdas de hidrógeno. Aun así, hay que recordar que esta tecnología está en fase de desarrollo y que en un futuro, estos precios deberán reducirse ya que se deberán reducir las

emisiones de gases contaminantes y si se intensifica su uso, los precios de las células bajarán.



*Figura 35: Diseño conceptual del SF-BREEZE*  
Fuente: <http://www.sandia.gov/>

#### **4.6.- Instalaciones necesarias para la operación de buques de alta velocidad**

Teniendo en cuenta la capacidad de los puertos del ámbito metropolitano de Barcelona, está claro que los buques a utilizar serán de pequeñas dimensiones.

Los buques de alta velocidad de pequeñas dimensiones, de unos 30 – 40 metros de eslora, tienen la capacidad de operar en puertos sin necesidad de grandes infraestructuras portuarias específicas. Debido al poco francobordo que tienen, solamente es necesario disponer de pasarelas adaptadas a cada embarcación para el embarque y desembarque del pasaje similares a las utilizadas por las embarcaciones de pasaje que realizan viajes turísticos.

Otra opción es disponer en cada puerto que opere el buque una plataforma fija con escalones que esté adaptada al amarre y medidas del buque que faciliten su operación.





*Figura 36: Medios de embarque y desembarque para embarcaciones de pasaje de pequeña eslora*  
*Fuente: Elaboración propia*





## Capítulo 5: Propuesta de línea

Para realizar una propuesta de línea, ya como parte final del análisis, se tienen que tener en cuenta varios factores que influyen en la elección de todos los componentes necesarios para formar un servicio de USSS en la región metropolitana de Barcelona.

1. Elección de puertos en los que la opción del USSS pueda ser competitiva con los medios de transporte terrestre
2. Limitaciones de los puertos y amarres
3. Limitaciones de los buques
4. Combinación con otros medios de transporte

### 5.1.- Elección de puertos

Los puertos del ámbito metropolitano de Barcelona tienen características bastante comunes ya que todos disponen de similares servicios y sus amarres son de similares dimensiones lo que ayudará más adelante a la hora de escoger un buque estándar para desarrollar el servicio.

El primer problema al que hay que enfrentarse es la capacidad de encontrar amarres de suficiente eslora para que los buques realicen estos trayectos puedan disponer de un embarcadero donde el pasaje pueda embarcar cómodamente sin necesidad de realizar maniobras peligrosas dentro de puerto para poder atracar. Todos los puertos deportivos estudiados en el capítulo 3 disponen de al menos un amarre de 30 metros de eslora salvo en los puertos de El Masnou y El Garraf cuyos casos deben estudiarse por separado. El puerto de El Masnou dispone de una gasolinera con un amarre de 30 metros que puede realizar perfectamente las funciones de embarcadero<sup>23</sup>. Por su parte, el puerto de El Garraf no dispone de un amarre mayor de 20 metros ni en su gasolinera lo que es un contratiempo a la hora de buscar un buque estándar que satisfaga los requisitos de todos los puertos.

Otro factor es la demografía de la localidad a la que pertenece el puerto. En este caso, tal y como se refleja en la tabla 2 de la página 79 los núcleos de población de El Garraf y de Les Botigues de Sitges no disponen de una demografía suficiente como para ser necesaria una línea regular en los puertos de El Garraf y Port Ginesta respectivamente.

---

<sup>23</sup> Sin lugar a dudas una gasolinera no es un lugar seguro para el embarque o desembarque de pasajeros de manera constante ya que las estaciones de servicio tienen sus clientes y su disponibilidad no es siempre segura además de tener un carácter peligroso para la seguridad del buque y del pasaje; sin embargo estos puertos no pueden ofrecer, en la actualidad, muchas más opciones por lo que pueden ser de ayuda como solución provisional mientras la Capitanía ofrece otra solución.

Aun así, no se puede descartar su uso debido a que en los meses de verano las playas más cercanas a estas localidades tienden a acoger una gran afluencia de público.

Aunque la mayoría de puertos están situados en poblaciones con importante demografía hay algunos que no disponen de ello como es el caso de Port Balís, situado a 2 kilómetros de Sant Andreu de Llavaneres y el Port Ginesta que se encuentra también a 2 kilómetros de la urbanización de Les Botigues de Sitges. Ello dificulta el acceso a las viviendas al no existir un medio de transporte terrestre entre dichos puertos y sus localidades más cercanas por lo que se debe de pensar en que si se decide hacer escala en alguno de estos puertos, debe haber una comunicación directa entre el puerto y la localidad más cercana por medios sostenibles y limpios como la bicicleta.

Finalmente hay que tener en cuenta el tiempo de viaje entre localidades por tierra y por mar ya que no se puede aumentar en gran medida con respecto a los medios de transporte terrestre. Para elegir el radio de alcance del servicio de Ultra Short Sea Shipping hay que tener en cuenta los parámetros expuestos en los apartados 1.5 y 1.6 y el capítulo 2.

Para que una línea de Ultra Short Sea Shipping sea competitiva en tiempo con el transporte terrestre, las características de los buques deben permitir cubrir el trayecto en un tiempo similar al del automóvil o del ferrocarril. Teniendo en cuenta que las actuales naves de alta velocidad pueden desarrollar entre 30 y 40 nudos de velocidad dependiendo de la motorización, una nave de este tipo puede cubrir la distancia entre el puerto de Barcelona y el puerto de Arenys de Mar en 40 minutos si navega a 35 nudos o en 45 minutos si lo hace a 30. A ello hay que añadir que dentro de puerto la velocidad será reducida (menor a 7 nudos en el Port Vell de Barcelona) y que en muchos casos el atraque del buque no estará cerca de la bocana por lo que el tiempo de navegación puede verse incrementado hasta alcanzar los 50 minutos de navegación. A ello hay que tener en cuenta que la navegación es directa por lo que no hay escalas en ningún otro puerto lo que incrementará el tiempo de viaje en gran medida.

El mismo trayecto puede ser recorrido por un automóvil en 40 minutos desde el centro de Barcelona aunque debiendo circular por la autopista C-32 que es de peaje lo que incrementa el coste. En caso de que no se eligiera la autopista de peaje se tardarían hasta 55 minutos en alcanzar Arenys de Mar. En caso de elegir transporte público, existen dos opciones: el ferrocarril o el autobús que tardan cerca de 1 hora desde la estación de Barcelona – Sants.

Realizando estos cálculos para los demás puertos deportivos, y sus localidades correspondientes obtenemos los siguientes resultados<sup>24</sup>:

- Arenys de Mar:
  - Automóvil: 42 minutos por autopista de peaje o 55 por autopista de libre circulación
  - Transporte público: 1 hora en ferrocarril (cercanías R1) o en autobús
  - USSS: 45 minutos a 35 nudos y 50 minutos a 30 nudos (sin escalas)
- Port Balís:
  - Automóvil: 40 minutos por autopista de peaje o 50 por autopista de libre circulación
  - Transporte público: 52 minutos en ferrocarril (Sant Andreu de Llavaneres)
  - USSS: 40 minutos a 35 nudos y 47 minutos a 30 nudos (sin escalas)
- Mataró:
  - Automóvil: 38 minutos por autopista de peaje o 47 por autopista de libre circulación
  - Transporte público: 45 minutos en ferrocarril (línea R1 de cercanías)
  - USSS: 34 minutos a 35 nudos y 40 minutos a 30 nudos (sin escalas)
- Premià de Mar:
  - Automóvil: 34 minutos por autopista de peaje
  - Transporte público: 41 minutos en ferrocarril mediante la línea R1 de cercanías
  - USSS: 27 minutos a 35 nudos y 34 minutos a 30 nudos (sin escalas)
- El Masnou:
  - Automóvil: 30 minutos por autopista de peaje
  - Transporte público: 35 minutos en ferrocarril mediante la línea R1 de cercanías
  - USSS: 24 minutos a 35 nudos y 28 minutos a 30 nudos (sin escalas)
- Badalona:
  - Automóvil: 25 minutos por la Ronda Litoral y autopista C-31.
  - Transporte público: Alrededor de 25 minutos en Metro L2, autobuses y ferrocarril línea R1. Existen varias estaciones de metro dentro de la ciudad de Badalona donde paran trenes de las líneas L2 y L10
  - USSS: 15 minutos a 35 nudos y 20 minutos a 30 nudos (sin escalas)
- Port Ginesta:
  - Automóvil: 35 minutos por las autopistas C-32 y C-31

---

<sup>24</sup> Las distancias entre localidades para el tiempo de recorrido del automóvil se toman desde el centro de Barcelona (Passeig de Gràcia) hasta el centro de la localidad de destino.

- Transporte público: 45 minutos mediante la línea R2 de cercanías (estación de Playas de Castelldefels)
- USSS: 36 minutos a 35 nudos y 43 minutos a 30 nudos (sin escalas)
- Puerto de El Garraf:
  - Automóvil: 40 minutos por las autopistas C-32 y C-31
  - Transporte público: 33 minutos mediante la línea R2 de cercanías
  - USSS: 38 minutos a 35 nudos y 46 minutos a 30 nudos (sin escalas)
- Sitges:
  - Automóvil: 41 minutos por la autopista de peaje C-32
  - Transporte público: 41 minutos mediante la línea R2 de cercanías
  - USSS: 45 minutos a 35 nudos y 50 minutos a 30 nudos (sin escalas)
- Vilanova i la Geltrú:
  - Automóvil: 48 minutos por la autopista de peaje C-32
  - Transporte público: 46 minutos mediante trenes regionales y línea R2 de cercanías
  - USSS: 50 minutos a 35 nudos y 58 minutos a 30 nudos (sin escalas)

## 5.2.- Tipos de buques elegibles para una línea de USSS en Barcelona

Las características más destacables a la hora de decantarse por un buque u otro la marcan varios factores:

- Eslora de los amarres y calado interior de los puertos: Se ha visto que todos los puertos deportivos tienen unas características bastante parecidas entre sí lo que conlleva una ventaja sustancial a la hora de escoger un buque que sea capaz de operar sin mayor dificultad en todos ellos y sin tener la necesidad de utilizar un buque unas dimensiones específicas para un puerto determinado.
- Proximidad entre puertos: Este factor es importante para determinar la velocidad a la que debe navegar el buque ya que como se ha visto en la tabla 3 de la página 80, las distancias entre los puertos deportivos es muy reducida, sobretodo en los puertos situados más al Norte. Esto se traduce en varias paradas por trayecto por lo que el tiempo de navegación entre un puerto y otro debe ser lo más reducido posible para así mantener la competitividad con los demás medios de transporte como son el tren (líneas R1 y R2 de cercanías), el autobús o el automóvil como transporte privado.
- Capacidad de pasaje: Teniendo en cuenta el factor del dimensionado de puertos está claro que ello marcará la capacidad de pasaje por lo que la capacidad del buque se verá limitada. En la actualidad, la mayoría de buques de

pasaje de alta velocidad menores de 30 metros de eslora no superan los 300 pasajeros.

- Velocidad de servicio: Dado que las distancias entre los puertos de la ciudad de Barcelona y los puertos deportivos periféricos son menores de 20 millas, los buques destinados a cubrir estas rutas han de disponer de una velocidad de servicio muy elevada para poder competir con los medios de transporte terrestres como los trenes de cercanías, los autobuses de línea y el coche como transporte privado.

En la tabla 2 de la página 79 están resumidas las limitaciones de los puertos estudiados en el capítulo 3. Las características que debe tener un buque para que tenga la capacidad de operar entre estos puertos son las siguientes:

- Eslora: No mayor de 30 metros
- Manga: Entre 7 y 9 metros. Dependiendo de si el casco del buque es catamarán o monocasco
- Calado: No superior a 2,5 metros
- Velocidad de servicio: 35 nudos
- Motorización: Dos motores de 2.000 kW cada uno
- Capacidad de pasaje: Entre 200 y 300 pasajeros

Según los requisitos planteados, existen varios buques actualmente en servicio y en proyecto que se adaptan a estas condiciones. A continuación los planteamos:

#### 5.2.1.- *Espalmador Jet*

El *Espalmador Jet* es un buque construido por el astillero Rodman que lo ha diseñado especialmente para operar entre el puerto de La Savina de Formentera e Ibiza pasando por el estrecho de Los Freus. Es el más moderno de la flota de la naviera Trasmapi que lo ha incorporado en junio de 2016.

- Eslora: 26,2 metros
- Manga: 9 metros
- Calado: 1,3 metros
- Velocidad máxima: 30 nudos
- Motorización: Dos motores Mitsubishi de 1.600 CV cada uno
- Capacidad de pasaje: 300 personas

Tiene características medioambientales que le avalan, desde menores emisiones contaminantes que sus predecesores hasta bombas de achique que impedirían que el

carburante se vertiera al mar en caso de sufrir cualquier incidencia. Todo pensando en la preservación del medio ambiente.



*Figura 37: Espalmador Jet tomado por su amura de babor*

*Fuente: [www.shipspotting.com](http://www.shipspotting.com)*

### 5.2.2.- Boeing 929

El proyecto 929 es un concepto de hidroala creado por la empresa aeronáutica Boeing propulsado por dos turbinas de gas y waterjets. Este proyecto inició su andadura en 1974 con la adaptación de varios sistemas usados en aeronaves con motor a reacción para montarlos en una hidroala diseñada específicamente para alcanzar velocidades superiores a los 40 nudos.

En 1976 se lanzó el primer buque de pasajeros propulsado por turbinas que rápidamente se le conoció como Jet-Foil. La denominación de *Jet* se le concede por montar motores derivados de motores aeronáuticos y *Foil* debido a que estos buques en inglés se conocen como *hidrofoils*.

Este modelo fue ampliamente utilizado en las islas Canarias cuando en 1980 se compró por parte de Trasmediterránea el Princesa Voladora. Inicialmente, los capitanes de la Trasmediterránea tuvieron problemas para manejar estas naves ya que el puente de mando se asemejaba más a una cabina de avión que al puente de mando de un buque mercante. Aun así, con la ayuda de veteranos capitanes traídos de Norteamérica que ya habían navegado con estas máquinas, se consiguió salvar la situación y completar hasta 25 años de servicio en tráfico interinsular con gran éxito. En la página web de Juan Carlos Díaz Lorenzo, se puede apreciar hasta dónde fue capaz de llegar el proyecto del Jet-Foil:

*“Pese a las excelencias tecnológicas demostradas y el éxito de los primeros momentos, aún se pronosticaba que no soportaría los temporales. A los tres meses de iniciado el*



*servicio se presentó el primer tiempo duro del NW y el jet-foil remontó La Isleta a 43 nudos con olas de más de cuatro metros, ante el asombro de las tripulaciones de los barcos que hacían la travesía entre Las Palmas y Tenerife.*

*Los pasajeros iban cómodamente sentados contemplando el fuerte cabeceo de los buques próximos. Desde aquel momento el jet-foil se consolidó como la embarcación de alta velocidad más cómoda del mundo para navegar con mal tiempo. Y fue así como la fiabilidad técnica y el nivel profesional de las tripulaciones logró que el escepticismo inicial se transformara en una favorable acogida de este medio de transporte que vino a revolucionar las comunicaciones interinsulares.<sup>25</sup>*

Estos buques fueron ampliamente utilizados en la Marina de los Estados Unidos y la Royal Navy donde fueron destinados a operaciones antisubmarinas y de rápida intervención. A continuación se presentan sus datos técnicos. (Modelo Boeing 929-100)

- Eslora: 30,5 metros
- Manga: 9,5 metros
- Calado: 1,53 metros
- Velocidad máxima: 47 nudos
- Velocidad de servicio: 43 nudos
- Motorización: Dos turbinas de gas modelo 501-KF con una potencia total de 9000 CV al despegue y 7400 CV en crucero
- Capacidad de pasaje: Entre 250 y 400 pasajeros según configuración de la naviera

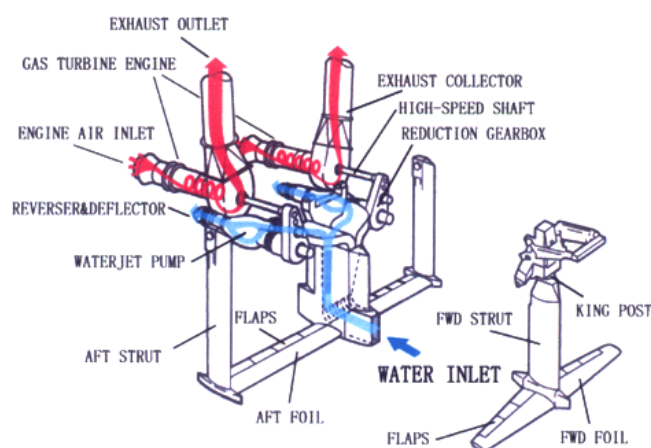


Figura 38: Sistema de propulsión del Jet-Foil

Fuente: <http://www.trasmeships.es/los-buques/princesa-voladora/>

<sup>25</sup> <http://www.juancarlosdiazlorenzo.com/>



Figura 39: Jet-Foil “Princesa Dácil” entrando en puerto

Fuente: <http://www.elblogoferoz.com/>

### 5.2.3.- Blue Water Express

El *Blue Water Express* es una embarcación de alta velocidad que realiza viajes de corta duración entre Bali, las islas Gili y Lombok en Indonesia. Fue botado en julio de 2014 y ha tenido una gran acogida entre los turistas que visitan la zona. A diferencia de los demás buques que se estudian en este apartado, este buque tiene los motores instalados fuera del casco por lo que es un fueraborda.

Está diseñado específicamente para navegar entre las aguas someras que rodean Bali y Lombok (Islas menores de la Sonda) por lo que su calado es muy reducido y de pequeñas dimensiones ya que constantemente está operando entre embarcaderos de madera de pequeña envergadura que no permiten la operación de buques de mayor porte por lo que su capacidad de pasaje es muy reducida. Sin embargo su excelente rendimiento y facilidad de operación hacen que este buque sea digno de mencionar en esta selección ya que puede ser muy útil en temporada de verano permitiendo entrar incluso en los puertos más pequeños como El Garraf.

- Eslora: 17 metros
- Manga: 4 metros
- Calado: 0,9 metros
- Velocidad máxima: 35 nudos
- Motorización: Seis motores fueraborda Honda de 250 CV cada uno (1.500 CV)
- Capacidad de pasaje: 60 personas



*Figura 40: Blue Water Express VII*  
Fuente: <http://www.bluewater-express.com/>

#### 5.2.4.- Foilmaster HSC

Los Foilmaster HSC son hidroalas en configuración de ala semisumergida pertenecientes a la naviera italiana Ustica Lines que entraron en servicio en 1999. Esta naviera realiza trayectos de corta distancia entre pequeñas islas y archipiélagos italianos. Es uno de los mayores operadores de buques hidroalas de Europa al disponer de hasta 33 naves.

Estos buques disponen de un sistema de estabilización electrónica que mejora en gran medida su confort para el pasaje. A continuación se exponen sus datos técnicos.

- Eslora: 31 metros
- Manga: 6,8 metros
- Calado: 1,3 metros
- Velocidad máxima: 38 nudos
- Motorización: Dos motores MTU de 2000 kW cada uno
- Capacidad de pasaje: 221 personas



*Figura 41: Hidroala Adriana M de Ustica Lines*  
Fuente: <http://appassionatidimare.forumfree.it/>

### 5.2.5.- SF-Breeze

Como ya se ha comentado en el apartado 5 del capítulo 4, el SF-Breeze es un proyecto de un buque propulsado únicamente por células de hidrógeno en vez de combustibles fósiles. Este buque es un proyecto de futuro que tiene muchas probabilidades de éxito en el futuro debido a que elimina por completo las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera siendo el primer buque del mundo en ser viable económicamente.

El informe solamente esboza las líneas de actuación y viabilidad del proyecto dejando de lado las especificaciones finales del buque que se definirán una vez los navieros se decidan a proseguir con la construcción del nuevo buque. Sus características técnicas coinciden con los requisitos planteados en este apartado.

- Eslora: Entre 30 y 40 metros
- Velocidad de servicio: 35 nudos
- Autonomía: 100 millas
- Capacidad de pasaje: 150 personas

### 5.3.- Propuesta de línea de USSS en el ámbito metropolitano de Barcelona y combinación con medios de transporte terrestres

Teniendo en cuenta el análisis efectuado en el presente capítulo y las soluciones propuestas; se puede realizar una propuesta de línea con cierta precisión.

La línea e ideas que se proponen en este apartado no tienen por qué ser las más acertadas aunque se tienen en cuenta todas las características de la región metropolitana de Barcelona así como los factores como dimensionado de puertos y distancias entre ellos.

En primer lugar hay que dividir los puertos en tres grupos:

- Zona Norte: Puerto de Arenys de Mar, Puerto de Mataró, Puerto de Premià de Mar, Puerto de El Masnou y Puerto de Badalona
- Zona Centro: Port Fórum, Port Olímpic y Port Vell de Barcelona
- Zona Sur: Port Ginesta y Port de Sitges

La propuesta se basa en conectar los puertos de la zona Norte y Sur con los puertos de la zona centro. En la zona Norte al menos deberán realizar la ruta dos buques por viaje para que cada uno tenga un similar tiempo de navegación y se pueda cumplir con el objetivo de competir con los medios terrestres como el ferrocarril que es el principal medio de transporte público que conecta la comarca del Maresme con la ciudad de Barcelona (línea R1 de cercanías).

El primero de ellos deberá salir del puerto de Arenys de Mar y realizar una escala en el puerto de Mataró. De allí se dirigirá al primer puerto de la zona centro que es el Port Fórum, luego el Port Olímpic y finalmente el Port Vell de Barcelona. El segundo buque deberá realizar una escala más que el primero pero las distancias a recorrer serán menores; en su caso la ruta partirá del puerto de Premià de Mar, pasará por El Masnou, Badalona, Port Fórum, Port Olímpic y terminará en el Port Vell de Barcelona.

Teniendo en cuenta la tabla de distancias (tabla 3) de la página 80, cada buque tendrá el siguiente recorrido:

- Buque 1: 22,7 millas náuticas
- Buque 2: 12,9 millas náuticas

En este punto está muy clara la diferencia entre un recorrido y otro aunque hay que tener en cuenta que la velocidad media del Buque 2 será mucho menor a la del Buque 1 debido a que las distancias entre puertos que corresponden al Buque 2 son muy reducidas por lo que no alcanzará en ningún momento su velocidad máxima.



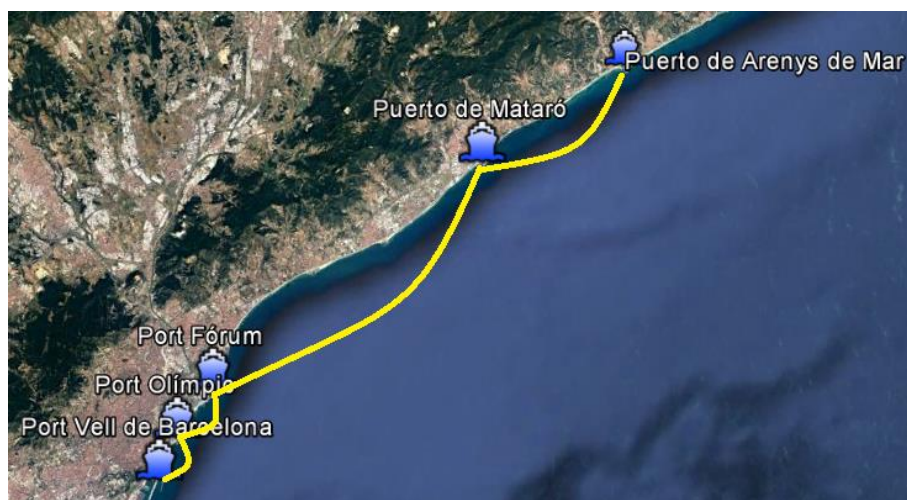


Figura 42: Ejemplo de la ruta Norte (Buque 1)  
Fuente: Google Earth / Elaboración propia

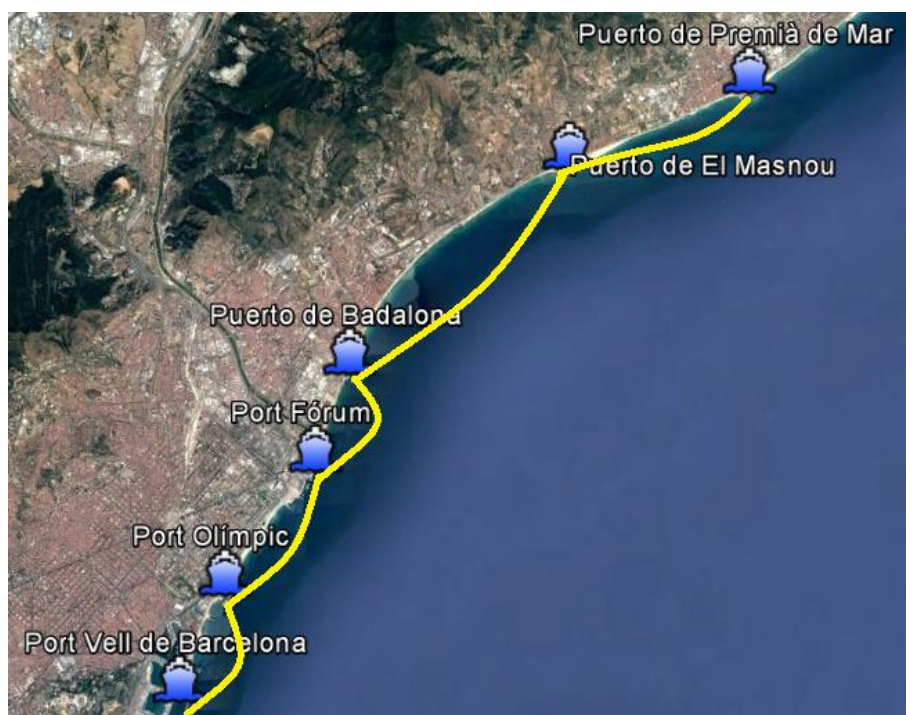
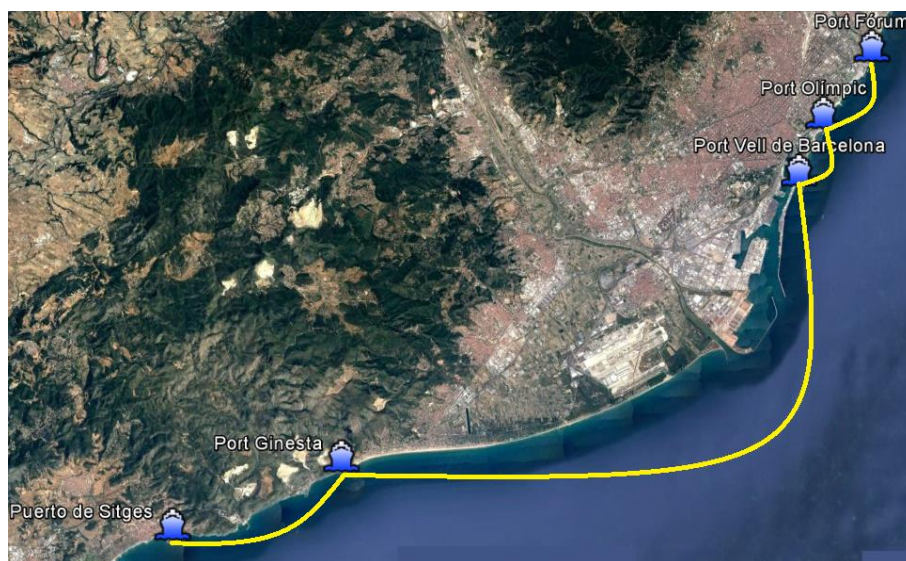


Figura 43: Ejemplo de la ruta Norte (Buque 2)  
Fuente: Google Earth / Elaboración propia

En cuanto a la ruta Sur el buque que se disponga a dar servicio a esta zona cuanto mayor sea su velocidad mejor para competir directamente con el ferrocarril (línea R2 de cercanías). Esta nave deberá recorrer una distancia de 27,4 millas náuticas con 4 escalas en su recorrido; saldrá del puerto de Sitges – Aiguadolç y pasará por el Port Ginesta, Port Vell, Port Olímpic y el Port Fórum, con una navegación entre el Port Ginesta y el Port Vell de 18,1 millas lo que será la mayor distancia entre dos puertos consecutivos de la región.



*Figura 44: Ejemplo de la ruta Sur*  
 Fuente: Google Earth / Elaboración propia

El buque que se asignará a cada ruta dependerá principalmente de su velocidad de servicio ya que los buques propuestos en el apartado 5.2 tienen una eslora que les permite entrar en cada puerto seleccionado, un calado muy inferior al calado mínimo en los puertos y una velocidad máxima que es muy diferente entre ellos debido al tipo de casco o propulsión pero que se adapta perfectamente a las necesidades de cada ruta.

En la ruta entre el puerto de Arenys de Mar y el Port Vell, ambos cuatro buques (incluyendo el SF – Breeze) cumplen perfectamente las necesidades en cuanto a velocidad aunque el Foilmaster HSC o el *Espalmador Jet* podrían ser perfectos para esta ruta.

En la ruta entre el puerto de Premià de Mar y el Port Vell también se cumplen las condiciones entre los cuatro buques expuestos aunque el *Espalmador Jet* puede ser mejor que el Foilmaster HSC dado la cantidad de maniobras a realizar mientras que el Foilmaster HSC se desarrolla muy bien en línea recta, luego a la hora de maniobrar dentro de puerto puede sufrir algunas dificultades debido a su propulsión Waterjet y la disposición de sus foils.

En cambio, en la ruta del Sur existe un claro candidato para realizar el servicio con el Boeing 929 debido a sus 43 nudos de velocidad de servicio lo que lo pone en una clara ventaja frente al catamarán *Espalmador Jet* o el SF – Breeze que alcanzan 30 y 35 nudos respectivamente. El Foilmaster HSC también ofrece un gran rendimiento con 38 nudos de velocidad pero sin duda el Boeing 929 puede acortar incluso más el tiempo de navegación algo muy importante ya que las 18,1 millas entre el Port Ginesta y el Port Vell tienen que realizarse a la mayor velocidad posible. Sin embargo, la diferencia



entre cubrir esta distancia a 38 nudos o a 43 está en 3 minutos por lo que tampoco hay una gran diferencia.

En cuanto al *Blue Water Express*, la capacidad del pasaje es muy reducida y su velocidad de servicio no es muy elevada por lo que puede ser un buque perfecto para el refuerzo en temporada de verano ya que dispone de una cubierta superior para pasaje sin toldilla que permite disfrutar al pasaje de la navegación con buen tiempo lo que lo convierte en buque ideal para refuerzo en verano sobretodo en las rutas Norte que son de menor recorrido. Además su facilidad operativa en puerto y sus pequeñas dimensiones permiten una estancia menor en puerto lo que también es muy importante en trayectos cortos y de alta frecuencia.

Teniendo en cuenta el gran éxito de las nuevas tecnologías existe también la posibilidad del desarrollo de una aplicación de móvil o tableta enfocados al servicio y que funcionara no sólo a modo de información del servicio sino también de la disponibilidad de plazas y condiciones meteorológicas del día. Con el desarrollo de esta aplicación se abre una nueva opción que es la introducción de “paradas” como si de un autobús se tratara. Tanto en el interior del buque como en la aplicación se podría solicitar “parada” a un puerto determinado lo que permitiría que en caso de las localidades donde menos aceptación pueda tener el servicio como el caso de Port Ginesta se pudiese saltar la parada y continuar su viaje a Sitges o Barcelona sin tener que hacer una escala innecesaria a un puerto en el cual no se espera el embarque o desembarque de usuarios. Esta opción agilizaría el trayecto haciendo funcionar el buque como si de un autobús acuático se tratara.

### 5.3.1.- Combinación con medios de transporte terrestres

El carácter sostenible de esta propuesta permite la combinación de estos servicios con los demás medios de transporte ya instaurados en la región metropolitana de Barcelona, más concretamente en la capital. Muy cercanos a los tres puertos de la ciudad hay instaladas estaciones de Bicing (figura 12) lo que permitiría una combinación de servicio de USSS con el Bicing lo que resultaría una solución muy atractiva desde el punto de vista de la sostenibilidad ya que se unirían entre sí dos medios de transporte limpios y respetuosos con el medio ambiente. El USSS serviría como enlace entre la localidad de origen y la localidad de destino (principalmente Barcelona) y el Bicing ofrece movilidad en dentro del núcleo urbano donde es mucho más sencillo moverse en bicicleta en trayectos de corto recorrido que recurrir a automóviles o al Metro.

Sin embargo, teniendo en cuenta que a la llegada del buque a puerto quepa la posibilidad de que no existan bicicletas disponibles para los pasajeros que deseen su uso, una solución es reservar algunas de estas bicicletas (sólo en las estaciones cercanas a los embarcaderos) a los usuarios del servicio marítimo.

Por otra parte, la posibilidad de embarcar las propias bicicletas en los buques hace que estos tengan que ser ligeramente modificados con la eliminación de varios asientos para dar cabida a un pequeño estacionamiento para bicicletas. Su embarque también se tendrá que contemplar en la elección del medio de embarque por lo que una rampa o pasarela ofrecerá más facilidad al embarque de una bicicleta. Esta elección también repercute sobre las personas con discapacidad las cuales podrán embarcar mediante esta pasarela con mucha facilidad en comparación si se utilizasen escaleras como las mostradas en el apartado 4.6.

La opción del Metro no se debe descartar ya que las paradas de Drassanes (L3), Barceloneta (L4), Ciutadella – Villa Olímpica (L4) y El Maresme – Fórum (L4) están a menos de 5 minutos andando de los puertos lo que puede ser una alternativa para personas que necesiten alcanzar puntos más interiores de Barcelona.



## Conclusiones y visión futura

Para sacar conclusiones finales hay que analizar primero varios puntos expuestos en este trabajo.

En primer lugar un servicio de transporte marítimo en las cercanías de una ciudad no es algo que no se haya visto antes ya que en muchas ciudades europeas como Londres, París o Praga disponen de estos servicios aunque estas ciudades tienen una ventaja que es que entre sus calles discurre un río que permite la navegación de punta a punta de la ciudad. En Barcelona, la situación es muy diferente ya que no hay posibilidad de transporte fluvial pero aun así hay 13 instalaciones portuarias dentro de los límites de su ámbito metropolitano las cuales no se aprovechan para formar una línea regular de transporte marítimo entre dichas localidades y la capital.

Como se ha visto a lo largo de este trabajo; concretamente en el capítulo 2, las infraestructuras dedicadas a los medios de transporte brillan por su presencia y no se puede negar que la ciudad de Barcelona y sus localidades más cercanas están perfectamente conectadas por servicios de transporte público. Para desplazamientos dentro de la ciudad la opción más sencilla es el Metro y el autobús urbano que disponen de una gran cantidad de paradas, muchas de ellas cercanas entre sí, sin embargo los ciudadanos prefieren escoger otras opciones. Para empezar el transporte privado mediante motocicletas y automóviles es muy superior a la media de las demás ciudades europeas lo que evidencia una falta de concienciación por parte de la sociedad del uso de transportes públicos. Otro dato a tener en cuenta es el uso de la bicicleta que a pesar de ser un medio de transporte privado ofrece muchas ventajas al usuario como por ejemplo que su estacionamiento es mucho más sencillo que en el caso de motocicletas y automóviles. La bicicleta representa el 2% de los desplazamientos en ciudad, un valor muy pobre para una ciudad que tiene sus accesos colapsados por el nivel de tráfico que tienen que soportar.

Es por ello que el planteamiento de una ruta marítima que conecte las localidades cercanas a Barcelona puede ayudar a la descongestión de las autopistas y carreteras de la región metropolitana. Las ventajas son claras, teniendo en cuenta las estadísticas de ocupación de los automóviles expuestos en el apartado 2.9 con buques de pasaje con capacidad de 300 pasajeros se podrían eliminar de las carreteras hasta 250 vehículos con el consiguiente alivio que generaría a los accesos occidentales u orientales de la ciudad. Además, la combinación de las rutas marítimas con bicicletas del servicio Bicing promovería una movilidad sostenible.

Como problemas actuales en primer lugar hay que decir que la mayoría de la ciudadanía no aceptará el transporte marítimo como medio de transporte viable para conectar diferentes puntos del litoral barcelonés. Este factor es mucho más

preocupante que cualquiera de los puntos analizados a lo largo de este trabajo ya que una sociedad que dispone de los recursos para el uso del transporte público sigue insistiendo en el transporte privado por comodidad y placer. Como consecuencia no queda más remedio que invertir en infraestructuras como mejoras en nuevas estaciones de ferrocarril y sobretodo en carreteras destrozando el paisaje y pagando un coste ambiental elevadísimo.

Barcelona tiene la capacidad y la posibilidad, con estas 13 instalaciones portuarias, de expandirse más allá de las fronteras marítimas y aprovechar las infraestructuras existentes. A favor tiene muchos argumentos:

- Las condiciones climáticas en la zona favorecen una navegación tranquila a lo largo de la costa durante gran parte del año con algunos temporales en otoño e invierno que pueden limitar el uso del mar como medio de transporte
- No hay que construir ninguna infraestructura sino solamente construir medios para el embarque del pasaje como escaleras o pasarelas
- No hay necesidad de construir ningún buque especialmente diseñado para la ruta ya que el mercado actual ofrece buques que podrían cubrir el servicio sin mayores problemas
- Ayuda a disminuir los puntos negros de congestión y reducir los tiempos de acceso

Las perspectivas de futuro son aún más esperanzadoras para el proyecto. El incremento de la congestión año tras año hará incrementar cada vez más y más los tiempos de acceso algo que en el mar no sucederá nunca salvo factores externos que condicionen la navegabilidad como condiciones meteorológicas adversas.

Otra importante innovación es el avance hacia medios de propulsión más limpios como los que ha estudiado el proyecto SF-Breeze que eliminarán por completo las emisiones de gases contaminantes provenientes de los buques.

Esta tecnología se puede aplicar a los medios terrestres como por ejemplo los vehículos eléctricos que a pesar de las ventajas que ofrecen en desplazamientos cortos en términos de contaminación atmosférica no solucionan los problemas de congestión ni de estacionamiento.

Por lo tanto podemos decir que este proyecto está enfocado al futuro de la movilidad en la región metropolitana ofreciendo grandes ventajas sobre la población. A pesar de que en la actualidad se podría instaurar una línea de estas características las posibilidades de éxito son limitadas debido a la total dependencia del transporte privado por parte de la sociedad. Como expectativa de futuro el proyecto tiene grandes posibilidades de éxito tal y como está configurada hoy en día la región metropolitana de Barcelona.

## Bibliografía

Ajuntament de Barcelona. *Plan de Movilidad Urbana de Barcelona PMU 2013 – 2018*. 2014

Badenas, Víctor; Contel, Judith; Venteo, Daniel; Margalef Josep. *Catalunya logística: Catalunya en la cadena logística global*. 1ª edición. Barcelona: Marge Books, 2011. ISBN 978-84-92442-35-5

Bigas Serrallonga, Joan M. *Transporte urbano en ámbitos metropolitanos, el caso del área metropolitana de Barcelona*. Barcelona 2012.

Camarero Orive, Alberto; Camarero Orive, Alfonso. *Tráfico marítimo de pasajeros*. Madrid: Fundación Agustín de Betancourt, 2013. Colección Los puertos y la mar. ISBN 978-84-616-4538-1

Cánovas Sánchez, Bartolomé. *Short Sea Shipping, una estrategia europea*. 2015.

Casas, Xavier. *La mobilitat a la regió metropolitana*. Barcelona 2002.

López-Davadillo Larrea, Julio. *Geografía regional de España*. 1ª edición. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), 2013. ISBN 978-84-362-6611-5

Majoral, Roser; López Palomeque, Francisco; Font, Jaume; Sánchez Aguilera, Dolores. *Cataluña. Un análisis territorial*. Barcelona: Editorial Ariel, 2002. Colección Ariel Geografía. ISBN 84-344-3473-3

Martínez de Osés, F. Xavier; Castells i Sanabra, Marcel·la. *La sostenibilidad de las autopistas del mar y los buques de alta velocidad*. Barcelona: Barcelona Digital S.L., 2007.

Martínez de Osés, F. Xavier; Castells i Sanabra, Marcel·la. *The External Cost of Speed at Sea: An Analysis Based on Selected Short Sea Shipping Routes*. WMU Journal of Maritime Affairs. 2009.

Miralles – Guasch, Carme; Tulla Pujol, Antoni F. *La región metropolitana de Barcelona. Dinámicas territoriales recientes*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles nº 58. 2012.

Rodrigo de Larrucea, Jaime. *Instrumentos de fomento del SSS en el derecho español y comunitario*. Tarragona 2006.

Rodrigo de Larrucea, Jaime. *Embarcaciones de alta velocidad*. Barcelona 2008.

## Webgrafía

Àrea Metropolitana de Barcelona - <http://www.amb.cat/>

Autoritat del transport metropolità - <http://www.atm.cat/>

Barcelona.cat - <http://www.barcelona.cat/es/>

Club Nàutic Arenys - <http://es.cnarenys.com/>

Club Nàutic El Garraf - <http://www.clubnauticgarraf.com/>

El Mundo - <http://www.elmundo.es/>

Liberty Lines - <http://www.libertylines.it/index.php>

Marina Badalona - <http://www.marinabadalona.cat/>

Marina Premià - <http://www.marinapremia.com/>

Port de Mataró - <http://www.portmataro.org/index.php/es/>

Ports de la Generalitat - <http://www.portsgeneralitat.org/>

RENFE Rodalies - <http://www.renfe.com/viajeros/cercanias/barcelona/>

Revista Sector Marítim - <https://sectormaritim.es>

Organización Marítima Internacional - [www.imo.org](http://www.imo.org)

<http://guias.masmar.net/Puertos/Catalunya/>

<https://revistamaritima.wordpress.com/tag/abs/>

<http://www.atmosferis.com/buques-de-alta-velocidad-introduccion/>

<http://www.histarmar.com.ar/>



